

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ
ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Приладобудівний факультет
Кафедра експериментальних досліджень

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ Туз Ю.М.
«__» _____ 2019 р.

Магістерська дисертація
на здобуття ступеня магістра
зі спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-
вимірювальна техніка»
на тему: «Узагальнення прогнаних засобів з метою застосування у
вимірювальній техніці

Виконала:
студент (-ка) II курсу, групи ВА-71мн
Юрчишин Ірина Вікторівна
Керівник:
д.т.н., професор, зав. кафедри
Туз Юліан Михайлович

Керівник:
доцент, к.е.т. Бояринова Катерина
Олександрівна

Рецензент:

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з
праць інших авторів без
відповідних посилань.
Студент (-ка) _____

Київ – 2019 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»**

Інститут (факультет) _____ Приладобудівний факультет
(повна назва)

Кафедра _____ автоматизації експериментальних досліджень
(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Ю.М. Туз
(підпис) (ініціали, прізвище)

«__» _____ 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту**

Юрчишин Ірини Вікторівни

1. Тема дисертації _____ Узагальнення програмних засобів з метою
застосування у вимірювальній техніці _____

науковий керівник дисертації _____ д.т.н., професор, зав. кафедри
Туз Юліан Михайлович _____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «__» _____ 20__ р. № _____

2. Термін подання студентом дисертації 11 травня 2019

3. Об'єкт дослідження Програмні засоби, що використовуються у
вимірювальній техніці

4. Предмет дослідження _____ Засоби комп'ютерної математики та програми
для моделювання роботи електричних схем.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: огляд існуючих систем
комп'ютерної математики та програм для моделювання роботи електричних
схем, порівняння основних характеристик та функціональних можливостей
систем комп'ютерної математики, огляд основних характеристик та функцій
аналізу схем програм для моделювання роботи електричних схем,
використання систем комп'ютерної алгебри та програм для модуляції роботи
електричних схем у вимірювальній техніці.

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу: презентація у форматі
Power Point.

7. Орієнтовний перелік публікацій Стаття «Порівняння програмних засобів

«MathCAD vs MatLAB»», Стаття «Порівняння програмних засобів Maple та Wolfram Mathematica», тези «Переваги та недоліки LabView».

8. Консультанти розділів дисертації*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розробка стартап-проекту	Бояринова К.О.		

9. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Огляд ПЗ що застосовуються у вимірювальній техніці.	01.09.2018-30.11.2018	
2	Дослідження та порівняння можливостей засобів комп'ютерної алгебри.	01.12.2018-31.01.2019	
3	Дослідження та порівняння можливостей програм для моделювання роботи електричних схем	01.02.2019-31.03.2019	
4	Дослідження програм для роботи з електронними таблицями. Excel. RealStats.	01.04.2019-30.04.2019	
5	Оформлення стартап-проекту	01.05.2019-12.05.2019	
	Висновки та оформлення роботи.	13.04.2019-17.05.2019	

Студент

(підпис)

(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

(підпис)

(ініціали, прізвище)

* Консультантом не може бути зазначено наукового керівника магістерської дисертації.

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація на тему: «Узагальнення програмних засобів з метою застосування у вимірювальній техніці».

Структура і обсяг роботи. Дисертація викладена на 92 сторінці машинописного тексту, ілюструється 10 рисунками та 28 таблицями, складається зі вступу, 5 розділів, висновків, переліку посилань з 33 найменувань.

Дисертація присвячена узагальненій бази даних програмних засобів, що використовуються у вимірювальній техніці. База даних, розроблена у системі Access дозволяє шукати потрібний програмний засіб за його основними характеристиками та функціональними можливостями.

Розроблена база даних є особливо актуальною для малих та середніх підприємств та компаній що займаються розробкою спеціалізованих програмних засобів. Використання бази даних дозволить порівнювати із продуктами із відомими продуктами компаній-гігантів які є більш відомими та поширеними. Також, корисною вона буде і для навчальних закладів – допоможе студентіві (або учню) обрати програмний засіб для вирішення поставленої задачі або вибору програмного засобу для подальшої роботи та вивчення.

У загальному розглядається дві умовні групи засоби автоматизації, що використовуються у вимірювальній техніці – це системи комп'ютерної математики та програми для моделювання роботи електричних схем. Описано основні характеристики та функціональні можливості програмних засобів Maple, Wolfram Mathematica, MathCad, MatLAB, Multisim та Micro-Cap. Обано по одному програмному засобі, для побудови основних характеристики схеми. Розроблений розроблений стартап-проект.

ПРОГРАМНИЙ ЗАСІБ, СИСТЕМА КОМП'ЮТЕРНОЇ АЛГЕБРИ,
ПРОГРАМИ , ПРОГРАМА ДЛЯ МОДУЛЯЦІЇ РОБОТИ ЕЛЕКТРИЧНИХ
СХЕМ

ABSTRACT

The theme of the master's thesis: "Generalization of software for use in measuring technique".

Structure and scope of work. The thesis is presented on 92 pages of typewritten text, illustrated with 10 figures and 28 tables, consists of an introduction, 5 sections, conclusions, a list of references from 33 titles.

The dissertation is devoted to the generalized database of software tools used in measuring technique. The database developed by the Access system allows you to search for the desired software by its main characteristics and functionality.

The developed database is especially relevant for small and medium enterprises and companies involved in the development of specialized software. Using the database will make it possible to compare products with known products from giant companies that are more well-known and widespread. Also, it will be useful for educational institutions - it will help the student (or student) choose a software tool for solving a task or choosing a software tool for further work and study.

In general, two conditional groups are considered automation tools used in measuring techniques - these are systems of computer mathematics and programs for simulating the operation of electrical circuits. The main features and functionality of the Maple, Wolfram Mathematica, MathCad, MatLAB, Multisim and Micro-Cap software are described. One of the software tools is forbidden to build the main characteristics of the circuit. The developed startup project is developed.

SOFTWARE, COPYRIGHT ALGEBRY SYSTEM, PROGRAMS,
PROGRAM FOR ELECTRICAL SCHEME WORK MODULATION

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 ОГЛЯД ЗАСОБІВ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ТА АВТОМАТИЗАЦІЇ ОБРОБКИ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ДАНИХ.....	10
1.1 Системи комп'ютерної математики	11
1.1.1 Maple	13
1.1.2 Maxima	14
1.1.3 MatLAB	15
1.1.4 MathCAD	15
1.1.5 Wolfram Mathematica.....	16
1.1.6 MuPAD Pro	18
1.1.7 AdvancedGrapher.....	19
1.1.8 GNU Octave	20
1.1.9 Axiom	20
1.2 Програми для моделювання роботи електричних	22
1.2.1 Electronics Workbench	23
1.2.2 NI Multisim	24
1.2.3 Micro-Cap.....	25
1.2.4 Proteus Design.....	25
1.2.5 OrCAD.....	27
1.2.6 LabWIEW.....	28
1.3 Висновки до першого розділу	30
2 ПОРІВНЯННЯ ОСНОВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТА ЗАСОБІВ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ТА АВТОМАТИЗАЦІЇ ОБРОБКИ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ДАНИХ	30
2.1 Порівняння систем комп'ютерної математики	30
2.1.1 Опис основних характеристик обраних СКМ	30
2.1.2 Порівняння основних характеристик обраних СКМ	36
2.1.3 Порівняння функціональних можливостей обраних СКМ	41

2.2	Порівняння систем для моделювання роботи електричних схем	49
2.2.1	Опис основних характеристик обраних програм	49
2.2.2	Опис основних функцій аналізу даних обраних програм	52
2.3	Висновки до другого розділу	55
3	ВИКОРИСТАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ АНАЛІЗУ СХЕМИ	57
3.1	Аналіз схеми у програмі Micro-Cap.....	57
3.2	Використання системи Maple.....	59
3.3	Висновки до третього розділу	64
4	РОЗРОБКА УЗАГАЛЬНЕНОЇ БАЗИ ДАНИХ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ У ВИМІРЮВАЛЬНІЙ ТЕХНІЦІ У СИСТЕМІ MICROSOFT ACCESS	65
4.1	Microsoft Access	65
4.2	Структура розробленої бази даних	66
4.3	Висновки до четвертого розділу	69
5	РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ «УЗАГАЛЬНЕНА БАЗА ДАНИХ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ У ВИМІРЮВАЛЬНІЙ ТЕХНІЦІ».....	70
5.1	Опис ідеї проекту.....	70
5.2	Технологічний аудит ідеї проекту	72
5.3	Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту	74
5.4	Розробка ринкової стратегії.....	81
5.5	Розробка маркетингової програми стартап-проекту	83
5.6	Висновки до п'ятого розділу	87
	ВИСНОВКИ.....	88
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	89
	ДОДАТОК 1	
	ДОДАТОК 2	

ВСТУП

Актуальність теми. З розвитком інформаційних технологій з'являється все більше нових програмних засобів. Деякі з них є вузько напрямленими, інші навпаки, намагаються охопити якомога більше галузей науки та техніки.

Тут і виникає проблема узагальнення програмних засобів, із переліком їх основних характеристик, галузей використання, функціональних можливостей, сильних та слабких сторін.

Існує багато джерел інформації, сайтів, форумів, статей де обговорюються програмні засоби або порівнюються один з одним. Проте, вони обмежуються трьома чотирма програмними засобами.

Сьогодні у нас є доступ до великих об'ємів інформації, завдяки доступу до мережі Інтернет, на обробку якої ми витрачаємо багато часу, сил та ресурсів, оскільки дуже часто інформація повторюється, дублюється або не є корисною. Тому актуальною є задача узагальнення даних.

Мета магістерської дисертації. Аналіз характеристик та функціональних можливостей поширених програмних засобів двох умовних груп: систем комп'ютерної математики та програм для модуляції роботи електричних схем.

Для досягнення поставленої мети потрібно виконати наступні завдання:

1. Розглянути та проаналізувати популярні системи комп'ютерної алгебри.
2. Розглянути та проаналізувати популярні системи для моделювання роботи електричних схем.
3. Порівняти основні характеристики та функціональні можливості систем комп'ютерної алгебри.
4. Порівняти основні характеристики та функціональні можливості системи для моделювання роботи електричних схем.

Об'єкт дослідження магістерської дисертації. Програмні засоби, що

використовуються у вимірювальній техніці.

Предмет дослідження магістерської дисертації. Засоби комп'ютерної математики та програми для моделювання роботи електричних схем.

Практичне значення отриманих результатів. За результатами порівняння та аналізу програмних засобів були побудовані порівняльні таблиці характеристик та функціональних можливостей програмних засобів, визначені їх сильні та слабкі сторони.

Особистий внесок магістранта. Розроблено базу даних програмних засобів що використовуються у вимірювальній техніці, у реляційна система управління базами даних Access.

Новизна та наукова цінність. Результат роботи над магістерською дисертацією – це узагальнена база даних програмних засобів, що використовуються у вимірювальній техніці. База даних, розроблена у системі Access дозволяє шукати потрібний програмний засіб за його основними характеристиками та функціональними можливостями.

Галузь застосування – розроблена база даних є особливо актуальною для малих та середніх підприємств та компаній що займаються розробкою спеціалізованих програмних засобів. Використання бази даних дозволить порівнювати із продукти із відомими продуктами компаній-гігантів які є більш відомими та поширеними. Також, корисною вона буде і для навчальних закладів – допоможе студентові (або учню) обрати програмний засіб для вирішення поставленої задачі або вибору програмного засобу для подальшої роботи та вивчення.

Структура і обсяг роботи. Дисертація викладена на 92 сторінці машинописного тексту, ілюструється 10 рисунками та 28 таблицями, складається зі вступу, 5 розділів, висновків, переліку посилань з 33 найменувань.

1 ОГЛЯД ЗАСОБІВ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ТА АВТОМАТИЗАЦІЇ ОБРОБКИ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ДАНИХ

Тільки у 1941 році була створена перша електронно-обчислювальна машина Zuse 3 (Z3). Вона могла «записати» число у пам'ять та «зчитати» його відтіля за допомогою електричних сигналів, що проходили через реле. Реле або пропускали сигнал, або не пропускали. Керуюча програма була закодована за допомогою перфорованої стрічки, виготовленої з бракованої кіноплівки. Машина зчитувала програму механічно, крок за кроком (лінійно), тому робити розгалужені обчислення поки було неможливо. Z3 проводила від 15 до 20 обчислювальних операцій у секунду.

Для 40-х років це було колосальним досягненням. За сімдесят сім років можливості ЕОМ зросли у тисячі разів. сьогодні багато одноманітних та часозатратних процесів стараються автоматизувати, або, хоча б мінімізувати втручання людини. [1]

Автоматизація — є одним з напрямів науково-технічного прогресу, який спрямовано на застосування саморегульованих технічних засобів, економіко-математичних методів і систем керування, що звільняють людину від участі у процесах отримання, перетворення, передачі і використання енергії, матеріалів чи інформації, істотно зменшують міру цієї участі чи трудомісткість виконуваних операцій. Разом з терміном автоматичний, використовується поняття автоматизований, що підкреслює відносно великий ступінь участі людини у процесі.

На сьогоднішній день автоматизація не оминула жодну галузь, адже це вважається більш надійним та практичним. Все ж у «машинам» не знайомий стан розгубленості, розсіяності, втоми. Та і обробку тисячі вимірювальних даних комп'ютер зробить за декілька секунд в той час як людина провозиться день із доволі не маленькою імовірністю помилки. [2]

Засоби автоматизації (або просто програми) що використовуються у вимірювальній техніці (ВТ), в основному, входять до трьох умовних груп:

1. Системи комп'ютерної математики.
2. Системи моделювання роботи електричних схем.
3. Мови програмування.

1.1 Системи комп'ютерної математики

Системи комп'ютерної математики або, так звані, системи комп'ютерної алгебри – це клас програмного забезпечення (комп'ютерна програма або пакет програм), що дозволяє виконувати найрізноманітніші математичні операції та перетворення алгебраїчних виразів, заданих в чисельній та символьній (змінні, функції, поліноми, матриці тощо) формах. [3]

Комп'ютерна алгебра – галузь математики, що лежить на межі алгебри та обчислювальних методів. Усі широко відомі СКМ дозволяють проводити як символьні обчислення, так і використовувати чисельні методи. Сьогодні такі системи є одним із основних обчислювальних інструментів комп'ютерного моделювання та знаходять застосування у різних галузях науки.[4]

Сучасні системи містять функції практично з усіх розділів математики, підтримують інтерактивну візуалізацію, одну чи кілька мов програмування, і часто дозволяють комбінувати алгоритми, математичні формули, текст, графіку, діаграми чи анімацію зі звуком, а також результати обчислення в одному файлі.

СКМ полегшують та прискорюють рішення складних задач, зводять можливість помилки у розрахунках до нуля та прибирають «психологічний» бар'єр у вирішенні складних математичних задач, роблячи цей процес цікавим та простішим. [5]

Використання СКМ дає можливість не вникати у математичні

розрахунки (використання програми в якості своєрідного "надпотужного калькулятора" для виконання розрахунків по алгоритмам), або навпаки, поглиблене рішення задачі (стандартне рішення задачі, що супроводжується самостійним аналізом і розробкою алгоритму розв'язання або поглиблене рішення задачі, що супроводжується "віртуальними експериментами"). [3]

СКМ можна поділити на сім класів:

1. Системи для чисельних розрахунків.
2. Табличні процесори.
3. Матричні системи.
4. Системи для статистичних розрахунків.
5. Системи для спеціальних розрахунків.
6. Системи для аналітичних розрахунків (комп'ютерної алгебри).
7. Універсальні системи. [6]

Основні можливості систем комп'ютерної алгебри:

- Спрощення алгебраїчних виразів до стандартних форм, у тому числі автоматичне спрощення.
- Часткове і повне диференціювання.
- Розв'язок багатьох визначених та невизначених інтегралів (в тому числі багатовимірних інтегралів).
- Розв'язок лінійних і деяких нелінійних рівнянь.
- Розв'язок багатьох диференціальних та різницевих рівнянь.
- Інтегральні перетворення.
- Операції з матрицями.
- Статистичні обчислення.
- Автоматичне доведення та перевірка теорем.
- Експорт оптимізованого коду в інші мови програмування.[7]

У цьому класі ПЗ існує багато аналогічних програм, проте вони відрізняються призначенням ідеологією та сферами використання.

1.1.1 Maple

Maple — система комп'ютерної алгебри розроблена компанією Waterloo Maple у 1982 році (остання оновлена версія вийшла 2019 року). Остання версія програми містить понад 5000 функцій для більшості розділів сучасної математики, моделювання та інтерактивної візуалізації. Проста і ефективна мова-інтерпретатор, відкрита архітектура, можливість перетворення кодів Maple в коди С робить його дуже ефективним засобом створення нових алгоритмів. Володіє інтуїтивно зрозумілим інтерфейсом, простими правилами роботи та широким функціоналом. Цей продукт вже завоював популярність у російських математиків та інженерів. Найближчим конкурентом Maple є пакет Mathematica фірми Wolfram Research.

Maple об'єднує в собі: потужну мову програмування, редактор програм та документів; можливість працювати у діалоговому режимі «введення команди, отримання відповіді системи»; потужну довідкову систему з багатьма прикладами; числовий та символьний процесор; ядро алгоритмів та правил перетворення математичних виразів; систему діагностики, бібліотеки вбудованих та додаткових функцій; пакети функцій сторонніх виробників та підтримку інших мов програмування.

Maple функціонально спрямована для спрощення складних розрахунків та візуалізації результатів. Вона дозволяє комбінувати алгоритми, результати обчислення, математичні формули, текст, графіку, діаграми та анімацію зі звуком в електронному документі. Виконує числові розрахунки, символьні перетворення, графічне відображення результатів.

В основі інтерфейсу користувача лежить графічний, багато віконний інтерфейс операційної системи Windows. Керування системою можливо за допомогою гарячих клавіш, панелей інструментів, головного меню та палітр.[5] [10]

1.1.2 Maxima

Maxima - система комп'ютерної алгебри, написана на мові Common Lisp. Похідна від системи Macsyma, що розроблялися з 1968 по 1982 роки. У 2000 році професор Шелтером створив проект SourceForge.net для підтримки і подальшого розвитку DOE Macsyma під ім'ям Maxima (остання оновлена версія вийшла 2017 року).

Maxima має широкий набір засобів для проведення аналітичних обчислень, чисельних обчислень і побудови графіків. По набору можливостей система близька до таких комерційних систем, як Maple і Mathematica. У той же час вона володіє високим ступенем переносимості: може працювати на всіх основних сучасних операційних системах.

Система комп'ютерної алгебри Maxima може перетворювати вирази: спрощувати, приводити подібні, розкривати дужки або, навпаки, групувати подібні члени, обчислювати похідні, межі та інтеграли, розв'язувати системи алгебраїчних і диференціальних рівнянь, робити обчислення з матрицями. Можуть спрощувати і перетворювати тригонометричні вирази. Все це робиться аналітично та чисельно. Величина цілих чисел необмежена, а обчислення з плаваючою точкою можуть виконуватися з будь-який заздалегідь заданою точністю. Побудова графіків.

Для системи побудовано кілька графічних інтерфейсів користувача і надбудов: XMaxima (включений в поставку в багатьох ОС), wxMaxima (заснований на wxWidgets) та інших, а також може працювати в режимі командного рядка (використовуючи псевдографіку).

Завдяки відкритому коду системи з'явилися похідні рішення, наприклад, на основі Maxima зроблена програма Stack, призначена для автоматизованої перевірки правильності математичних виразів. [13]

Проте можливості Maxima обмежуються можливостями алгебри і математичного аналізу в обсязі перших курсів будь-якого технічного

університету. Тобто систему найкраще використовувати як високорівневий калькулятор.

1.1.3 MatLAB

MathLAB (Matrix Laboratory або Матрична лабораторія) – це пакет прикладних програм для числового аналізу, високорівнева мова та інтерактивне середовище для програмування.

Система розроблена компанією The MathWorks у 1984 році (остання оновлена версія вийшла 2019 року).

Основна задача MathLAB – це рішення математичних. Це програмне забезпечення із простим інтерфейсом та досить малими можливостями стилізації текстів.

Сильна сторона MathLAB – це дуже проста побудова графіків. Можна будувати як у двох- так і трьохвимірному просторі, у різних системах координат. Ця особливість, дозволяє, дуже просто знаходити розв'язки різних рівнянь.

Також, у програмі уже вбудовано велика кількість різноманітних віконних функцій, функції фільтрації, перетворення Фур'є, імпульсна та перехідна характеристики, амплітудно-частотні та спектральні характеристики. У поєднанні із графіками це робить MathLAB простим, зручним та незамінним засобом для розв'язку широкого спектру прикладних задач в таких областях як: моделювання об'єктів і розробка систем управління, проектування комунікаційних систем, обробка, вимірювання та тестування сигналів. [9]

1.1.4 MathCAD

MathCAD – це потужне, і в той же час просте універсальне середовище для розв'язання задач в різних галузях науки та техніки, фінансів та

економіки, математики та статистики, тобто, може використовуватись скрізь, де застосовуються математичні методи.

MathCAD був задуманий і спочатку написаний Алленом Раздовим, співзасновником компанії Mathsoft Inc., яка з 2006 року є частиною корпорації PTC (Parametric Technology Corporation) та випущений у 1986 році (остання оновлена версія вийшла 2015 року).

MathCAD створює зручне графічне середовище для найрізноманітніших математичних розрахунків та документування результатів роботи в рамках затверджених стандартів. Він дозволяє створювати корпоративні та галузеві засоби сертифікованих розрахунків в різних галузях науки та техніки, що забезпечує єдину методологію для всіх організацій, що входять в корпорацію або галузь.

Основною відмінністю та водночас суттєвою перевагою MathCAD є графічний а не текстовий режим вводу виразів. Тобто, можна сказати, що MathCAD – це засіб програмування без програмування, тобто, можна легко (без вивчення додаткової інформації) розібратись із написаним «кодом» програми. [8]

1.1.5 Wolfram Mathematica

Система Wolfram Mathematica створена американською компанією Wolfram Research. У червні 1988 року офіційно вийшла перша версія на платформі Macintosh (остання оновлена версія вийшла 2019 року).

Сьогодні ця система використовується в різних дисциплінах – фізиці, біології, соціальних та інших науках. Вона містить багато функцій як для аналітичних перетворень, так і для чисельних розрахунків. Крім того, програма підтримує роботу з графікою і звуком, включаючи побудову дво- і тривимірних графіків функцій, малювання довільних геометричних фігур, імпорт та експорт зображень і звуку. [11]

Бібліотека програм Wolfram Mathematica – це постійно розширювальна збірка складного програмного забезпечення, яка створена для вирішення технічних і обчислювальних завдань для різних специфічних областей.

Зараз система включає практично 5000 функцій, які охоплюють всі області технічних розрахунків. Кожний додаток програми було створено фахівцем у своїй галузі, який знає, як застосувати обчислювальні можливості Wolfram Mathematica для вирішення щоденних завдань.[12]

Система успішно застосовується у фізиці, хімії, економіці, соціології, біології, мистецтвознавстві та інших областях, внаслідок чого приходить усвідомлення того, що хоча математика має свій предмет дослідження, найбільшу цінність вона представляє в додатку до інших наук.

В даний час сфери використання Wolfram Mathematica умовно можна розділити на наступні категорії:

- Розробка і конструювання 32%;
- Фізичні дисципліни 21%;
- Математичні дисципліни 16%;
- Обчислювальна техніка 13%;
- Бізнес / громадські науки 6%;
- Практичні науки 5% Освіта 7%. [11]

Wolfram Mathematica орієнтована на користувача, який не є професіоналом в області програмування, а має тільки початкову підготовку з основ інформатики та обчислювальної техніки. Користувач, що володіє хоча б мінімальним досвідом роботи з операційною системою Windows та її стандартними додатками, буде легко орієнтуватися в головному меню.

Довідкова база системи вміщує в себе обсяг інформації, еквівалентній десяткам товстих довідників і при цьому відрізняється дуже швидким пошуком потрібної інформації по ряду критеріїв. Довідкові дані супроводжуються "живими" прикладами, які можна змінювати в ході перегляду. Принцип відкритості системи дозволяє розширювати її далі,

пристосовуючи до конкретних дослідницьких і педагогічних завдань.

Користувач може вводити в вживання нові функції, конструюючи їх на базі наявних функцій системи. Більш того, можна створювати свої пакети, подібно вже наявним в стандартних додатках.

Систему Wolfram Mathematica можна застосовувати на цілому ряді операційних систем -Windows 95, Windows NT, Macintosh, Power Macintosh, SunOS, Solaris, HP-UX, SGI, Linux і ін. Це дозволяє користуватися системою самим різним категоріям користувачів і розподіляти рішення математичних задач будь-якої складності за оптимальними для цього комп'ютерним платформам

1.1.6 MuPAD Pro

MuPAD Pro – відносно нова система комп'ютерної математики з великим набором інструментів, що включає математичні алгоритми для символьних і чисельних розрахунків, і інструментарій для візуалізації, анімації та інтерактивних маніпуляцій з двовимірними і тривимірними графіками та іншими математичними об'єктами.

Розроблений в Університеті Падерборн в Німеччині, MuPAD Pro призначений для широкого кола користувачів. Його домени і категорії схожі з класами, що використовуваними в об'єктно-орієнтованих мовах, і дозволяють застосовувати перевантаження (overloading) і перекриття (overriding) методів і операторів, а також підтримують успадкування і загальні методи.

Мова MuPAD має синтаксис, схожий з синтаксисом мови Pascal, і дозволяє здійснювати імперативне, функціональне і об'єктно-орієнтоване програмування. Програмне забезпечення має власне ядро символьної математики та загальний віконний інтерфейс блокнота, який дозволяє користувачеві чергувати текст з математичними формулами, форматованим текстом та виводом рішень. Математичні алгоритми витягуються через

інтерактивні звернення до системних функцій.

Версія MuPAD Pro 3 містить нові можливості, в тому числі поліпшену систему візуалізації для двовимірних і тривимірних графіків, об'єктну анімацію, інтерактивну маніпуляцію графіками; розширені можливості обчислення, швидкі чисельні розрахунки з Scilab. Пакет підтримує великий набір математичних об'єктів і алгоритмів для вирішення найширшого кола математичних задач.

Ця програма пропонує безкоштовну курсову ліцензію MuPAD для студентів. Вільний доступ до програми на ftp-сервері університету і відкрите обговорення проблем та недоліків в Інтернеті постійно стимулюють його розвиток. В даний час, крім вільно розповсюджуваної версії, випущений комерційний професійний реліз для Windows. [14]

1.1.7 Advanced Grapher

Advanced Grapher – це потужна та проста у використанні програма для побудови графіків та їх аналізу. Підтримує побудову графіків функцій виду $Y(x)$, $X(y)$, в полярних координатах, заданих параметричними рівняннями, графіків таблиць, неявних функцій (рівнянь) і нерівностей. Можна побудувати до 100 графіків в одному вікні.

Обчислювальні можливості: регресійний аналіз, знаходження нулів і екстремумів функцій, точок перетину графіків, знаходження похідних, рівнянь дотичних і нормалей, чисельне інтегрування. Велика кількість параметрів графіків і координатної площини. Має можливості друку, збереження і копіювання графіків у вигляді малюнків, багатодокументний налаштовується. Підтримує російський інтерфейс.

Програма Advanced Grapher дозволяє не тільки будувати різноманітні графіки на площині, а й проводити дослідження функцій, знаходити наближено коріння алгебраїчного рівняння і точки екстремуму функції однієї змінної, отримувати аналітичний вираз для похідної, виконувати чисельне

інтегрування, графічно вирішувати нерівності, здійснювати регресійний аналіз і т. д.[15]

1.1.8 GNU Octave

GNU Octave — система для виконання математичних розрахунків, що надає інтерпретовану мову, багато в чому сумісну з Matlab. GNU Octave може використовуватися для вирішення лінійних завдань, нелінійних та диференціальних рівнянь, обчислень з використанням комплексних чисел і матриць, візуалізації даних, проведення математичних експериментів.[16]

Це програмне забезпечення із зручним та простим інтерфейсом що використовує мову програмування сумісну із MatLAB.

Обчислювальні можливості: розв'язання лінійних та нелінійних математичних рівнянь, робота із матрицями та векторами, операції із дійсними та комплексними числами, операції інтегрування та диференціювання, розв'язання диференціальних рівнянь, розв'язання систем рівнянь.

В основний склад Octave включені пакети для інтеграції з мовою Java.[16]

1.1.9 Axiom

Axiom – система комп'ютерної алгебри, що складається з середовища інтерпретатора, компілятора і бібліотеки, яка описує строго типізовану, математично правильну ієрархію типів. Розроблена у 1971 році групою дослідників IBM під керівництвом Річарда Дженкса (англ. Richard Dimick Jenks). У 1990-х роках система була продана компанії Numerical Algorithms Group (NAG), отримала назву Axiom і стала комерційним продуктом. Але по ряду причин система не отримала комерційного успіху і була відкликана з ринку в жовтні 2001 року.

NAG вирішила зробити Ахіот вільним програмним забезпеченням і відкрила вихідні коди під модифікованою ліцензією BSD.

Усім об'єктам Ахіот присвоюється тип (напр. математичні структури (поля, многочлени), структури даних з обчислювальної техніки (списки, дерева, хеш-таблиці)). Функція отримує аргумент типу, і значення яке вона повертає теж повинне має бути типом.

Подібно до ООП присутнє таке явище як перевантаження (overloading), тобто, декілька функцій (операцій) із однаковим іменем приймають аргументи різних типів. [17]

1.2 Програми для моделювання роботи електричних схем

Швидкі темпи науково-технічного прогресу та високі технології виробництва потребують відповідного рівня підготовки. Сучасна комп'ютерна техніка дає змогу для моделювання низки натурних експериментів та процесів.

Використання спеціального програмного забезпечення дає змогу ефективно моделювати роботу електричних схем та визначати їхні електрофізичні параметри. Це дає можливість істотно зменшити витрати на облаштування досить дорогих лабораторій, які потребують дотримання певних технічних умов та обслуговування кваліфікованим персоналом. Безумовно, створення віртуальної лабораторії у жодному разі не може замінити реальну лабораторію, але це дає можливість експериментувати та не псувати реальні елементи. Ще однією перевагою такої «електронної лабораторії» є доступність в будь-який час і в будь-якому місці. [18]

1.2.1 Electronics Workbench

Система схемотехнічного моделювання Electronics Workbench призначена для моделювання й аналізу електричних схем. Програма може

проводити аналіз схем на постійному й змінному струмах.

В Electronics Workbench можна досліджувати перехідні процеси при впливі на схеми вхідних сигналів різної форми. Програма також дозволяє робити аналіз цифро-аналогових і аналого-цифрових схем великого ступеня складності.

Наявні в програмі бібліотеки містять у собі великий набір широко розповсюджених електронних компонентів. Є можливість підключення й створення нових бібліотек компонентів.

Широкий набір приладів дозволяє робити вимірювання різних величин, задавати вхідні параметри, будувати графіки. Усі прилади зображуються у вигляді, максимально наближеному до реального, тому працювати з ними просто й зручно.

Результати моделювання можна вивести на принтер або імпортувати в текстовий або графічний редактор для їхньої подальшої обробки. Програма використовує стандартний інтерфейс Windows, що значно полегшує її використання.

У бібліотеки компонентів програми входять пасивні елементи, транзистори, керовані джерела, керовані ключі, гібридні елементи, індикатори, логічні елементи, тригерні пристрої, цифрові й аналогові елементи, спеціальні комбінаційні й послідовні схеми. Активні елементи можуть бути представлені моделями як ідеальних, так і реальних елементів. Можливо також створення своїх моделей елементів і додавання їх у бібліотеки елементів.

У програмі використовується великий набір приладів для проведення вимірювань: амперметр, вольтметр, осцилограф, мультиметр, Боде-Плоттер (графобудівник частотних характеристик схем), функціональний генератор, генератор слів, логічний аналізатор і логічний перетворювач. [20]

1.2.2 NI Multisim

NI Multisim – програма, призначена для професійної розробки електронних схемотехнічних елементів та моделювання. Є однією з небагатьох програм, які використовують оригінальну програмну SPICE-симуляцію, розроблену в Берклі.

NI Multisim є подальшою еволюцією програми Electronics Workbench від Interactive Image Technologies. В 2005, Interactive Image Technologies була придбана National Instruments Electronics Workbench Group і Multisim змінив назву на NI Multisim.

Програма широко використовується в науці, освіті та промисловості для побудови електричних кіл, створення електронних схем і SPICE-моделювання.

NI Multisim дозволяє об'єднати процеси розробки електронних пристроїв і тестування на основі технології віртуальних приладів для навчальних та виробничих цілей. Програма містить найновіші версії програмного забезпечення для інтерактивного SPICE-моделювання та аналізу електричних ланцюгів, що використовуються в схемотехніці, проектуванні друкованих плат і комплексному тестуванні. Ця платформа пов'язує процеси тестування і проектування, надаючи розробнику електрообладнання гнучкі можливості технології віртуальних приладів. Спільне використання програмного забезпечення для моделювання електричних ланцюгів Multisim компанії з середовищем розробки вимірювальних систем LabVIEW, дозволяє порівнювати теоретичні дані з реальними безпосередньо в процесі створення схем звичайних друкованих плат, що знижує кількість проектних ітерацій, кількість помилок у прототипах і прискорює вихід продукції на ринок. Multisim можна також використовувати для інтерактивного створення принципових електричних схем і моделювання їх режимів роботи. [26]

1.2.3 Micro-Cap

Micro-Cap — SPICE-подібна програма для аналогового і цифрового

моделювання електричних та електронних схем з інтегрованим візуальним редактором. Розробляється компанією Spectrum Software. Адаптована до Microsoft Windows-32/64. [21]

Micro-Cap – це універсальна програма схмотехнічного аналізу призначена для вирішення широкого кола задач. Характерна особливість програми – це простий інтерфейс, при цьому доступні досить великі технічні можливості. Це робить її простою та зрозумілою для непрофесійної аудиторії, а особливо студентів.

MicroCAP дозволяє аналізувати аналогові і цифрові пристрої, а також проводити змішанне моделювання, синтез активних і пасивних фільтрів. Досвідчені користувачі можуть створювати власні макромоделі і використовувати SPICE-опис окремих вузлів. А початківці - практично відразу почати роботу з графічним інтерфейсом, використовуючи приклади, що поставляються з програмою.

Крім того, MicroCAP має демонстраційний режим (аналог відеоролика), що дозволяє зрозуміти основні можливості програми та прийоми роботи з нею. [22]

1.2.4 Proteus Design

Proteus Design – пакет програм для автоматичного проектування (САПР) електронних схем. Розробляється компанією Labcenter Electronics (Велика Британія). Пакет являє собою систему схмотехнічного моделювання, що базується на основі моделей електронних компонентів, прийнятих в PSpice. Відмінною рисою пакету Proteus Design є можливість моделювання роботи програмованих пристроїв: мікроконтролерів, мікропроцесорних систем, DSP і т.д.

Proteus Design включає в себе більше 6000 електронних компонентів з усіма довідковими даними, а також демонстраційні ознайомчі проекти. Додатково в пакет PROTEUS VSM входить система проектування

друкованих плат.

Proteus складається із двох підпрограм: ISIS – програма синтезу та моделювання, безпосередньо, електронних схем. ARES – програма розробки друкованих плат.

Відмінною рисою та, одночасно, великою перевагою Proteus Design є наявність інструментів USBCONN та COMPIM.

COMPIM – інструмент, що дозволяє віртуальному пристрою підключитись до реального COM-порта ПК. Через нього можна під'єднати будь-який реальний пристрій та реалізувати «спілкування» (передачу даних) від реального пристрою до віртуальної системи та навпаки.

USBCONN – інструмент, що дозволяє віртуальному пристрою підключитись до USB-порта ПК. Наприклад, можна під'єднати мобільний телефон та тестувати роботу мікроконтролера (або програми написаної на його основі) на реальному пристрої.

Особливості Proteus Design та його переваги:

- Виконання всіх етапів розробки схеми в єдиному середовищі.
- Розробка друкованої плати, включаючи 3D-візуалізації її збірки.
- Можливості налагодження вбудованого ПЗ.
- Спільне моделювання роботи мікроконтролера, виконуючого задану програму та оточуючих його аналогових та цифрових схем.
- Широкі налагоджувальні можливості, в тому числі, доступ до вмісту регістрів і пам'яті, задання точок зупинки програми, послідовне виконання.
- Налагодження на рівні вихідного коду (C, Assembler, BASIC, залежно від типу використовуваного для налагодження файлу із випробувальним мікропрограмним забезпеченням).
- Підтримка декількох сімейств мікроконтролерів від різних виробників:
 - PIC12, PIC16, PIC18, PIC24 (Microchip).

- 8051/8052, в тому числі, похідні від них що випускаються Philips і Atmel.
- AVR, Tiny, Mega AVM (Atmel).
- ARM7, в тому числі LPC2000 (NXP).
- HC11 (Freescale) і мікроконтролерні модулі BASIC Stamp (Parallax). [19]

1.2.5 OrCAD

OrCAD – пакет комп'ютерних програм, призначений для автоматизації проектування електроніки. Використовується в основному для створення електронних версій друкованих плат для виробництва друкованих плат, а також для виробництва електронних схем і їх моделювання.

Програма OrCAD призначена для створення проекту частина якого може бути задана у вигляді принципової електричної схеми, а інша частина – описана мовою високого рівня VHDL.

У складі пакету наступні модулі:

- Capture - редактор принципів схем,
- Capture CIS Option - менеджер бібліотек Active Parts,
- PSpice Analog Digital - пакет аналого-цифрового моделювання,
- PSpice Advanced Analysis - пакет параметричної оптимізації,
- PSpice SLPS option - інтерфейс зв'язку з пакетом Matlab,
- PCB Designer - редактор топологій друкованих плат,
- SPECCTRA for OrCAD - програма автоматичної і інтерактивної трасування,
- Signal Explorer - модуль аналізу цілісності сигналів і перехресних спотворень. [22]

-

1.2.6 LabVIEW

LabVIEW (англ. Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench) – платформа та середовище для візуальної мови програмування компанії National Instruments (США). Метою даної мови є автоматизація використання обчислюваного та вимірювального лабораторного обладнання. [24]

LabVIEW – це кроссплатформове графічне середовище розробки додатків. В принципі, LabVIEW являється універсальною мовою програмування, і хоча цей продукт тісно пов'язаний із апаратним забезпеченням National Instruments, він також пов'язаний із конкретною ЕОМ. Існують версії для різних операційних систем (Windows, Linux, MacOS). Розроблені програми можна перенести, і вони будуть виглядати однаково у будь-якій ОП. LabVIEW вважається високорівневою мовою програмування, проте нічого не заважає додавати «низькорівневі» модулі в програмах (але деякі із них доволі важко реалізувати). Можливе, навіть, використання асемблерних вставок. Для цього необхідно згенерувати файл DLL та вставити виклик в код. [25]

Програму LabVIEW, в цілому, називають віртуальним інструментом (Virtual Instrument – VI). Кожен VI складається із двох основних вікон: блок-діаграми та лицевої панелі. На лицевій панелі (Front Panel) розробник створює графічний інтерфейс і паралельно ведеться зв'язка інтерфейсу із самою програмою, що створюється у вікні блок-діаграм. При створенні структури блок-діаграми (LV-коду), програміст з'єднує різноманітні вузли-функції малюючи лінію-провід. Таким чином створюється технічна течія (потік) даних (dataflow). Проводами передаються змінні і вузол виконує свою роботу, як тільки усі необхідні дані будуть доступні на його входах. Таким чином виконання програми не пов'язаних один з одним вузлах може йти паралельно. Також, в блок-діаграмах можуть вбудовуватись сполучні панелі (Connector Panel), за допомогою яких утворюються

підпрограми (Sub Vi), які створені з уже відомих віртуальних інструментів (VI). Елементи управління та індикатори на лицевій панелі дозволяють оператору здійснювати ввід/вивід даних про роботу з VI та завантажувальними підпрограмами.

LabVIEW включає ряд уже готових програм, документацію та велику кількість інструментів для створення практично повноцінних програм різноманітного призначення. В тому числі і мережових, що працюють по технології клієнт/сервер.

Переваги середовища LabVIEW:

- Дозволяє здійснювати доступ до великої кількості приладів через вбудовані драйвери.
- Велика кількість графічних елементів, для реалізації зручного інтерфейсу.
- Спрощує програмування для непрофесійних програмістів.
- Велика кількість уже готових приладів та інструментів.
- Програми є незалежними від платформи, оскільки, виконуються в спеціальному вбудованому виконавчому середовищі (run-time).
- Наявна велика кількість функцій для збору даних, обчислень, генерації сигналів, аналізу тощо.
- Додатковий програмно-текстовий MathScript елемент для проведення обчислень.
- Різні частини блок-діаграми можуть виконуватись паралельно.

Існує відносно дешева версія програми для студентів (LabVIEW Student Edition). [24]

1.3 Висновки до першого розділу

У першому розділі було розглянуто дві умовні групи засоби автоматизації, що входять до вимірювальної техніки – це системи

комп'ютерної математики та програми для моделювання роботи електричних схем.

Maxima, Advance Grapher, GNU Octave та Axiom – системи комп'ютерної алгебри із обмеженими можливостями аналізу в обсязі перших курсів будь-якого технічного університету. Найчастіше їх використовують як викорівневий калькулятор.

MuPAD Pro – відносно нова система математики з великим набором інструментів. Проте ця система не є популярною, тому у мережі Інтернет практично немає навчальної літератури.

Maple, MatLAB, MathCAD та Wolfram Mathematica – це потужні програмні що використовуються у багатьох галузях науки та техніки. Це найбільш поширені та популярні ПЗ із великою кількістю навчальної літератури. Саме ці ПЗ будуть розглядатись більш детально у другому розділі.

Micro-Cap, Multisim – найбільш поширені та популярні ПЗ із великою кількістю навчальної літератури та безкоштовною студентською версією. Ці програми будуть більш детально розглядатись у наступних розділах.

2 ПОРІВНЯННЯ ОСНОВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТА ЗАСОБІВ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ТА АВТОМАТИЗАЦІЇ ОБРОБКИ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ДАНИХ

2.1. Порівняння систем комп'ютерної математики

2.1.1. Опис основних характеристик обраних СКМ

Maple – це закрите програмне забезпечення. Програма призначена для користувачів, що професійно працюють в галузі фізико-математичних наук, але в необхідному мінімумі може бути освоєна і використана інженерами, економістами та представниками інших спеціальностей, що використовують математичні методи.

Maple сумісна із текстовим редактором Microsoft Word. Текст і формули, набрані звичайними текстовими засобами в Microsoft Word, переносяться в текстову або командну строку ($[>$ - символ командної строки) зі збереженням форматування. Формули, набрані в Microsoft Word за допомогою таблиці символів, можуть відображатися невірно. Перенесення таких формул в файли Maple слід уникати. Формули, набрані в Microsoft Word за допомогою програми Equation або Mathtype, копіюються в текстову строку Maple. Формули, що виводяться Maple, можуть бути точно скопійовані в файл Microsoft Word, але Microsoft Word сприймає їх, як малюнки. Ніяке редагування Maple-формул в Microsoft Word неможливо, крім зміни розмірів. Графіки Maple, також можуть бути копіювані в файл Microsoft Word зі збереженням кольору і оформлення, але теж не редагуються.

В останніх версіях Maple закладена сумісність з іншими математичні програмами (MatCad, MatLab та ін.) та програмою для роботи з електронними таблицями Microsoft Excel.[5]

Програмне забезпечення Maple підтримує стандартизовані математичні позначення. Включає математичні та фізичні константи та стандартні математичні функції. Надає можливість створення та збереження індивідуальних функцій.

Програма використовується для розрахунків задач із вищої математики, прикладних задач та фінансових розрахунків.

Maple використовує процедурний мову 4-го покоління (4GL) яка спеціально призначена для розробки програм, підпрограм та додатків що спеціалізуються на математичних розрахунках. Синтаксис цієї мови аналогічний синтаксису мов Cі, FORTRAN, BASIC і Pascal.

Програма може генерувати код, сумісний із такими мовами програмування як C, Fortran, Java, MATLAB, Visual Basic.

Maple включає в себе ядро процедур (написане мовою C), бібліотеки оптимізованих процедур (написані мовою Maple) та інтерфейс користувача (це графічний багато віконний інтерфейс операційної системи Windows із можливістю роботи в діалоговому режимі). Ядро виконує більшість базових функцій, а бібліотеки можна доповнювати своїми функціями (тобто, розширювати можливості програми).

Ввід, обробка та вивід результатів відбувається на одному листі.

Maple включає у себе такі основні бібліотеки, наявні у вільному доступі:

- бібліотека функцій лінійної алгебри;
- бібліотека евклідової та аналітичної геометрії;
- бібліотека теорії чисел;
- бібліотека теорії імовірності та математичної статистики;
- бібліотека комбінаторики чисельної та лінійної апроксимації;
- бібліотека «finance» для фінансових розрахунків.

При інсталяції програма пропонує інсталяційну довідку (вбудований Help), посібники та документацію. Також приклади та форум користувачів, щоб задавати питання іншим користувачам.

Система Wolfram Mathematica створена американською компанією Wolfram Research у червні 1988 року (офіційно вийшла перша версія на платформі Macintosh).

У техніці Wolfram Mathematica стала стандартним інструментом для розвитку і вдосконалення виробництва, і вже зараз чимало нової сучасної продукції по всьому світу в тій чи іншій мірі випущено завдяки використанню Wolfram Mathematica, конструювання дизайну в ній. У комерційній області Wolfram Mathematica відіграє велику роль у розвитку фінансового моделювання, а також використовується в аналізі. [11]

Система Wolfram Mathematica є модульною і складається з ядра (Kernel) і інтерфейсу (Front End). Ядро виконує усі обчислення, а інтерфейс взаємодіє з користувачем.

Wolfram Mathematica - це інтерпретована мова функціонального програмування. Можна сказати, що система Wolfram Mathematica написана на мові Mathematica, хоча деякі функції, особливо що відносяться до лінійної алгебри, з метою оптимізації були написані на мові Сі.

Такий дизайн системи має кілька переваг над монолітною системою. Зокрема, інтерфейс системи може бути запущений на локальному комп'ютері з розширеними графічними можливостями, а ядро системи може бути запущене на швидкому віддаленому комп'ютері, або з одного інтерфейсу може бути запущено декілька ядер.

Програмне забезпечення Wolfram Mathematica підтримує стандартизовані математичні позначення. Включає математичні та фізичні константи та стандартні математичні функції. Надає можливість створення та збереження індивідуальних функцій.

Програмне забезпечення Wolfram Mathematica використовується в різних областях науки (математики, фізики, біології, соціології, економіки та інших) та техніки (обчислювальна техніка).

Бібліотеки створюються для різних галузей, відповідно до специфіки їх роботи. Бібліотеки не наявні у вільному доступі.

MathCAD (Parametric Technology Corp.) – системою комп'ютерної алгебри з класу систем автоматизованого проектування, орієнтована на підготовку інтерактивних документів з обчисленнями і візуальним супроводженням, відрізняється легкістю використання і можливістю застосування для колективної роботи.

Має простий та інтуїтивний інтерфейс користувача. Для введення формул і даних можна використовувати як клавіатуру, так і спеціальні панелі інструментів. Робота здійснюється в межах робочого аркуша, на якому рівняння і вирази відображаються графічно на противагу текстовому запису в мовах програмування. При створенні документів-програм використовується принцип WYSIWYG (What You See Is What You Get – «що бачиш те й отримуєш»). Не зважаючи на те, що програма орієнтована на користувачів без навиків програмування, вона використовується в складніших проектах, щоб візуалізувати результати математичного моделювання, обчислення та інженерних розрахунків. Відкрита архітектура у поєднанні з підтримкою технологій NET та XML дозволяють легко інтегрувати MathCAD в будь-які ІТ-структури та інженерні застосування. [8] [28]

MathCAD містить текстові та формульний редактори, графічні засоби та величезну базу довідкової інформації: математичної та інженерної. Редактор формул забезпечує «природний» «багатоповерховий» набір формул в звичному математичному вигляді (ділення, множення, квадратний корінь, інтеграл, сума і т.д.).

Програма має великий набір вбудованих математичних функцій. Дозволяє обчислювати ряди, суми, інтеграли, похідні, працювати із комплексними числами, вирішувати лінійні, нелінійні та диференціальні

рівняння, знаходити мінімум та максимум функцій, виконувати векторні та матричні операції, статистичний аналіз і т.д. Потужні засоби побудови графіків та діаграм поєднують простоту використання і ефектні способи візуалізації даних у звітах.

Так як робочі листи містять обчислення в реальному час, то одне єдине натискання клавіші змінює вхідні (вихідні) дані або вид рівняння, тобто негайно показує (обчислює, міняє) оновлений результат. У разі зміни значення змінної відбувається миттєвий перерахунок результатів та оновлення графіків. Результати зберігаються в робочих листах, які можна використовувати повторно, редагувати, оновлювати та перетворювати у цілий ряд форматів.

Можливе доповнення MathCAD новими можливостями за допомогою спеціалізованих пакетів розширень та бібліотек, які поповнюють систему додатковими функціями і константами для вирішення спеціалізованих задач:

- Пакет для аналізу даних (Data Analysis Extension Pack). Це розширення забезпечує MathCAD необхідними інструментами для аналізу даних.

- Пакет для обробки сигналів (Signal Processing Extension Pack). У даному пакеті міститься більше 70 вбудованих функцій для обробки сигналів, за допомогою яких можна здійснювати аналогову і цифрову обробку сигналів, проводити аналіз і представляти результати в графічному вигляді.

- Пакет для обробки зображень (Image Processing Extension Pack). Це розширення забезпечує MathCAD необхідними інструментами для обробки зображень, аналізу і візуалізації.

- Пакет для роботи з функціями хвильового перетворення (Wavelets Extension Pack). У даному пакеті містяться сімейства вейвлет-функцій, які можна додати в бібліотеку вбудованих функцій MathCAD Professional. Пакет надає можливість застосувати новий підхід до аналізу сигналів і зображень, статистичної оцінки сигналів, аналізу стиснення даних, а також спеціальних чисельних методів.

- Бібліотека розширень для обробки цифрових сигналів (Digital Signal Processing Extension Library). Включає три пакети розширення:

- Пакет для виконання складних розрахунків і розв'язання задач оптимізації (Solving & Optimization Extension Pack, раніше — Expert Solver Extension Pack). Цей пакет надає можливості для складних інженерних, фінансових розрахунків в галузі виробництва, бізнесу, дослідження операцій.
- Пакет Numerical Recipes Extension Pack зараз не поставляється.
- Пакет Communication System Design Pack зараз не поставляються.
- Пакет Steam Tables Extension Pack зараз не поставляються.

MatLAB (MathWorks, Ins.) – програмне забезпечення для різноманітних обчислень, аналізу даних та візуалізації розрахунків. Це професійне ПЗ розв'язання математичних задач різної складності, моделювання, рішення рівнянь, побудова графіків, тощо. [9]

MatLAB надає користувачеві велику кількість функцій для аналізу даних, які покривають майже всі області математики, зокрема:

- матриці та лінійна алгебра (алгебра матриць, лінійні рівняння, власні значення і вектори, сингулярності, факторизація матриць тощо);
- многочлени та інтерполяція (корені многочленів, операції над многочленами та їх диференціювання, інтерполяція та екстраполяція кривих);
- математична статистика та аналіз даних (статистичні функції, статистична регресія, цифрова фільтрація, швидке перетворення Фур'є);
- обробка даних (набір спеціальних функцій, включаючи побудову графіків, оптимізацію, чисельне інтегрування);
- диференціальні рівняння (вирішення диференціальних і диференційно-алгебраїчних рівнянь, рівнянь з обмеженнями, рівнянь з частковими похідними, тощо);

- розріджені матриці (спеціальний клас даних пакету MatLAB що використовується у спеціалізованих додатках);
- цілочисельна арифметика (виконання операцій цілочисельної арифметики в середовищі MatLAB).

Це професійне ПЗ розв'язання математичних задач різної складності, моделювання, рішення рівнянь, побудова графіків, тощо. [29] [30]

2.1.2 Порівняння основних характеристик обраних СКМ

Зараз програмні засоби, орієнтовані на рішення математичних задач (де під математичної розуміється будь-яке завдання, чий алгоритм може бути описаний в термінах того чи іншого розділу математики), досить обширні та, умовно, їх можна розділити на п'ять рівнів:

- 1) вбудовані засоби різного ступеня розвитку тієї або іншої системи програмування;
- 2) спеціальні мови програмування;
- 3) вузько-спеціальні програмні засоби;
- 4) спеціальні програмні засоби;
- 5) загальні програмні засоби.

Оскільки Maple та Wolfram Mathematica відносяться до четвертого рівня, а MathCAD та MatLab представляють п'ятий рівень то будемо порівнювати їх окремо.

Для зручності зробимо дві порівняльні таблиці основних характеристик програм. Таблиця 2.1 Порівняння основних характеристик Maple та Wolfram Mathematic, та таблиця 2.2 Порівняння основних характеристик MathCAD та MatLAB.

З таблиці 2.1 бачимо, що спеціалізованість програм однакова. Основна задача – це математичні розрахунки та операції. Інтерфейс для роботи теж одного типу (Notebook), та уся робота відбувається на одному листі (ввід та

вивід).

Таблиця 2.1 Порівняння характеристик Maple та Wolfram Mathematica

Параметри	Maple	Wolfram Mathematica
Спеціалізованість програми	Використовується для розрахунків задач із вищої математики, прикладних задач та фінансових розрахунків.	Використовується в різних областях науки (математики, фізики, біології, соціології, економіки та інших) та техніки (обчислювальна техніка).
Інтерфейс	Інтерфейс користувача – Notebook або блокнот. Основа інтерфейсу користувача – графічний багато віконний інтерфейс операційної системи Windows із можливістю роботи в діалоговому режимі.	Інтерфейс користувача – Notebook або блокнот. Модульна система до складу якої входить інтерфейс та ядро, що виконує обчислення.
Робота із програмою	Використовує виключно процедурний мову 4-го покоління (4GL). (Синтаксис цієї мови аналогічний синтаксису мов Cі, FORTRAN, BASIC і Pascal).	Інтерпретована мова функціонального програмування.
Виведення результатів	Ввід, обробка та вивід результатів відбувається	Ввід, обробка та вивід результатів відбувається на

роботи	на одному листі.	одному листі.
Підтримка інших мов програмування.	Може генерувати код, сумісний із такими мовами програмування як C, Fortran, Java, MATLAB, Visual Basic	Відсутнє.

Таблиця 2.1 Продовження

Доступність бібліотек	Обширна бібліотека функцій лінійної алгебри, евклідової та аналітичної геометрії, теорії чисел, теорії імовірності та математичної статистики, комбінаторики чисельної та лінійної апроксимації.	Бібліотеки створюються для різних галузей, відповідно до специфіки їх роботи. Бібліотеки не наявні у вільному доступі.
Принцип розповсюдження	Платне програмне забезпечення. Безкоштовна версія для студентів.	Платне програмне забезпечення. Безкоштовна версія для студентів.

Wolfram Mathematic – це потужне програмне забезпечення (потужніше ніж Maple, але це стає відчутно у випадку складних та громіздких математичних розрахунків). Мінуси програми – це складність на початку роботи (доволі складна мова програмування) та те, що це платне програмне забезпечення.

Maple – це, теж, потужне програмне забезпечення, більш простою та зрозумілою мовою програмування, аналогічною C. Переваги програми – можливість генерувати коди для інших програм (таких, як C, Fortran, Java, MATLAB, Visual Basic).

Засилаючись на таблицю 2.2 можна зробити висновки, що обидві технічні програми мають багато спільного, проте і відмінностей достатньо.

Очевидно, що MathCAD призначений для інженерного середовища, в той час як MatLAB представлений як інструмент математики, розроблений чітко для математиків та для тих хто працює з великими масивами даних. Не дивлячись на це, обидва мають свою обширну базу математичних програм та функцій.

MatLAB – це програма із великим набором функцій та графіків у зручному для використання середовищі. Програмне забезпечення MathCAD є більш спеціалізованим, із зручним інтерфейсом.

Таблиця 2.2 – Порівняння характеристик MathCAD та MatLAB

Критерії	MathCAD	MatLAB
Інтеграція із системою CAD ¹	MathCAD інтегрується з всією PTC (вкл. Thing Worx ² і Creo для IoT ³ , робототехніки машинного навчання та AR ⁴)	MatLAB може інтегруватись з системою CAD, але це більш складний процес, тому багато компаній просто вирішують обмін файлами, а не справжню інтеграцію.
Стандартизовані математичні позначення та типи даних	Підтримує стандартизовані математичні позначення.	Підтримує стандартизовані математичні позначення.
Індивідуальні функції	Підтримка індивідуальних функцій.	Підтримка індивідуальних функцій.
Безпечний доступ та контроль видимості	Захист файлу паролем. Можливість часткового приховування інформації.	Захист файлу паролем.

¹ CAD – Система автоматизованого проектування і розрахунку.

² PTC, Thing Worx – це провідна платформа для створення промислових інновацій, призначена для швидкого випуску додатків.

³ Creo для IoT³ - промислові мережеві додатки.

⁴ AR – середовище доповненої реальності.

Спеціалізованість програми	Може застосовуватись у 2 галузях (машинобудування та електротехніка). Спеціалізується на інженерних математичних розрахунках.	Може застосовуватись у 22 галузях промисловості, тобто не спеціалізована програма.
----------------------------	---	--

Таблиця 2.2 Продовження

Інтерфейс	Програма представлена у комплекті із серією листів. Кожен робочий лист використовує аналогічний інтерфейс, тому інженеру легко переміщатися між робочими листами або, наприклад, між MathCAD та Creo і назад.	Програма побудована як серія наборів інструментів кожен із яких має спеціалізоване призначення. Кожна панель інструментів містить еталонні приклади.
Робота із програмою	Система комп'ютерної алгебри із звичним аналітичним виведенням формул.	Скриптова мова програмування.
Виведення результатів роботи	Ввід, обробка та вивід результатів відбувається на одному листі.	Виведення результатів відбувається у консоль або у окреме вікно (наприклад, у випадку виведення графіків).
Обробка великої вибірки даних	Відсутня.	Можливість прийому даних від Big Data Analytics ⁵
Доступність бібліотек	Безкоштовні бібліотеки робочого	Безкоштовні бібліотеки робочого

⁵ Big Data Analytics – структуровані та неструктуровані набори даних великих розмірів, до яких не можуть бути застосовані стандартні підходи обробки.

	стола: Advantage MathCAD.	стола.
Навчання	Надає безкоштовне електронне навчання, навчання в класі, онлайн-довідку.	Пропонує інсталяційну довідку, онлайн навчання, посібники та документацію.
Принцип розповсюдження	Безкоштовна студентська версія(спрощена) та платна версія для роботи.	Безкоштовна студентська версія(спрощена) та платна версія для роботи.

2.1.3 Порівняння функціональних можливостей обраних СКМ

Функціональні можливості Maple 7:

- Символьні обчислення і чисельні методи.
- Математичні функції та методи (лінійна алгебра, операції з матрицями та векторами, знаходження границь, операції з рядами комбінаторики, статистики, найрізноманітніші задачі диференціального та інтегрального числення тощо).
- Розв'язування рівнянь (диференційні та лінійні рівняння, системи диференційних та лінійних рівнянь, алгебраїчні нерівності).
- Оптимізація.
- Програмування.
- Операції з розмірностями та одиницями вимірювання величин.
- Редактор математичних формул.
- Візуалізація, графіки, інтерактивні меню та асистенти.
- Шаблони-приклади для стандартних проблем.
- Елементи для розробки графічних інтерфейсів (побудова двовимірних графіків відразу декількох функцій, графічно представити нерівність, розв'язання диференційних рівнянь, тощо.; побудова поверхонь та кривих в тривимірному просторі, включаючи поверхні, задані явною та параметричною

функціями, розв'язання диференційних рівнянь; підтримує двох- та тривимірні аімації).

- Розпізнавання рукописних формул.
- Статистичне моделювання.
- Фізичні моделі.
- Високопродуктивні обчислення.
- Інтерфейс для Matlab.
- Експорт в інші мови програмування.
- Системи доступу до баз даних. [10]

Функціональні можливості Mathematic:

- Розв'язання систем поліноміальних і тригонометричних рівнянь і нерівностей, а також трансцендентних рівнянь, що зводяться до них.

- Розв'язання рекурентних рівнянь.
- Спрощення виразів.
- Знаходження границь.
- Інтегрування і диференціювання функцій.
- Знаходження скінченних і нескінченних сум і добутків.
- Розв'язання диференціальних рівнянь і рівнянь в часткових похідних.
- Операції з рядами додавання, множення, композиція, отримання зворотної функції та інші.

- Обчислення значень функцій, у тому числі спеціальних, з довільною точністю.

- Рішення систем рівнянь
- Інтегрування і диференціювання
- Знаходження сум і добутків
- Рішення диференціальних рівнянь і рівнянь в частинних похідних
- Поліноміальна інтерполяція функції від довільного числа аргументів з набору відомих значень

- Операції з матрицями: додавання, множення, знаходження зворотної матриці, множення на вектор, обчислення експоненти, отримання визначника.

- Побудова графіків функцій, в тому числі параметричних кривих і поверхонь.

- Побудова геометричних фігур: ламаних, кіл, прямокутників тощо.

- Відтворення звуку, графік якого задається аналітичною функцією або набором точок.

- Імпорт і експорт графіки в багатьох растрових і векторних форматах, а також звуку.[10]

Функціональні можливості MathCAD:

- Розв'язання диференційних рівнянь, в тому числі і чисельними методами.
- Побудова двовимірних та тривимірних графіків (в різних системах координат: контурній, векторній тощо).
- Використання грецького алфавіту (верхній і нижній регістр) як в тексті, так і у рівняннях.
- Символьні обчислення.
- Згладжування кривих.
- Виконання підпрограм.
- Знаходження коренів функції та поліномів.
- Статистичні функції та розподіли імовірностей.
- Пошук власних значень та власних векторів.
- Обчислення з розмірностями.

Можливе доповнення MathCAD новими можливостями за допомогою спеціалізованих пакетів розширень та бібліотек, які поповнюють систему додатковими функціями і константами для вирішення спеціалізованих задач:

1. Пакет для аналізу даних (Data Analysis Extension Pack). Це розширення забезпечує MathCAD необхідними інструментами для аналізу даних.

2. Пакет для обробки сигналів (Signal Processing Extension Pack). У даному пакеті міститься більше 70 вбудованих функцій для обробки сигналів, за допомогою яких можна здійснювати аналогову і цифрову обробку сигналів, проводити аналіз і представляти результати в графічному вигляді.

3. Пакет для обробки зображень (Image Processing Extension Pack). Це розширення забезпечує MathCAD необхідними інструментами для обробки зображень, аналізу і візуалізації.

4. Пакет для роботи з функціями хвильового перетворення (Wavelets Extension Pack). У даному пакеті містяться сімейства вейвлет-функцій, які можна додати в бібліотеку вбудованих функцій MathCAD Professional. Пакет надає можливість застосувати новий підхід до аналізу сигналів і зображень, статистичної оцінки сигналів, аналізу стиснення даних, а також спеціальних чисельних методів.

а) Бібліотека розширень для обробки цифрових сигналів (Digital Signal Processing Extension Library). Включає три пакети розширення:

б) Пакет для виконання складних розрахунків і розв'язання задач оптимізації (Solving & Optimization Extension Pack, раніше — Expert Solver Extension Pack). Цей пакет надає можливості для складних інженерних, фінансових розрахунків в галузі виробництва, бізнесу, дослідження операцій.

в) Пакет Numerical Recipes Extension Pack зараз не поставляється.

г) Пакет Communication System Design Pack зараз не

поставляються.

д) Пакет Steam Tables Extension Pack зараз не поставляються.[8]

Функціональні можливості MATLAB:

- Матриці та лінійна алгебра — алгебра матриць, лінійні рівняння, власні значення і вектори, сингулярності, факторизація матриць та інше.
- Многочлени та інтерполяція — корені многочленів, операції над многочленами та їх диференціювання, інтерполяція та екстраполяція кривих.
- Математична статистика та аналіз даних — статистичні функції, статистична регресія, цифрова фільтрація, швидке перетворення Фур'є та інші.
- Обробка даних — набір спеціальних функцій, включаючи побудову графіків, оптимізацію, пошук нулів, чисельне інтегрування та інше.
- Диференційні рівняння — вирішення диференційних і диференційно-алгебраїчних рівнянь, диференційних рівнянь із запізнюванням, рівнянь з обмеженнями, рівнянь в часткових похідних та інше.
- Розріджені матриці — спеціальний клас даних пакету MathLAB, що використовується у спеціалізованих додатках.
- Цілочисельна арифметика — виконання операцій цілочисельної арифметики в середовищі MathLAB.
- Проводить статистичний аналіз даних із використанням цифрової фільтрації, статистичної регресії.

Побудуємо таблицю функціональних можливостей перерахованих ПЗ.

Таблиця 2.3 Таблиця основних математичних операцій.

Математичні операції	Maple	Wolfram	MathCAD	MatLAB
----------------------	-------	---------	---------	--------

		Mathematic		
Символьні обчислення і чисельні методи	+	+	+	+-
Лінійна алгебра	+	+	+	+
Операції з матрицями	+	+	+	+
Операції з векторами	+	+	+	+
Знаходження границь	+	+	+	+
Операції з рядами	+	+	+од	+
Диференціювання та інтегрування функцій	+	+	+	+
Лінійні рівняння	+	+	+	+
Алгебраїчні нерівності	+	-	+	+
Диференційні рівняння	+	+	+	+

Таблиця 2.3 Продовження

Системи алгебраїчних рівнянь	+	+	+	+
Системи диференційних рівнянь	+	+	+	+
Спрощення виразів	-	+	+	-

З таблиці 2.3 ми бачимо що основні математичні операції реалізовані у всіх ПЗ. Різниця полягає тільки у відсутності деяких можливостей у зв'язку з особливостями інтерфейсу. У MatLAB немає символьних обчислень, оскільки це повністю скриптова мова та можливості спрощення виразів. Wolfram Mathematic не працює з нерівностями. У Maple не передбачена можливість спрощення виразів.

У таблиці 2.4 та таблиці 2.5 математичні операції що найчастіше використовуються у вимірювальній техніці.

Таблиця 2.4 Математичні операції ВТ та функції що їм відповідають у програмах Maple та Wolfram Mathematica

Функція	Maple	Wolfram Mathematic
Дельта-функція (или δ -функція, δ -функція Дирака	Dirac (t)	DiracDelta (t)
Функція Гевісайда	Heaviside (t)	-
Пряме перетворення Лапласа	Laplace(f(t))	Laplace transform(f(t)) або LT(f(t))
Обернене перетворення Лапласа	Invlaplace(F(p))	inverse Laplace transform(F(p)) або inverse LT(F(p)) або ILT(F(p))

Таблиця 2.4 Продовження

Пряме перетворення Фур'є	FFT(f(t))	Fourier(f(t))
Обернене перетворення Фур'є	iFFT(F(p))	InverseFourier(F(p))
Імпульсна характеристика	-	-
Перехідна характеристика	-	-
АЧХ	Перетворення рівняння перехідної характеристики у комплексну форму, та використання функції	Перетворення рівняння перехідної характеристики у комплексну форму, та використання функції

	abs(H(f))	abs(H(f))
ФЧХ	Перетворення рівняння перехідної характеристики у комплексну форму, та використання функції argument(H(f))	Перетворення рівняння перехідної характеристики у комплексну форму, та використання функції argument(H(f))

Функціональні можливості програм Maple та Wolfram Mathematic ідентичні. А відсутність функцій для знаходження перехідної характеристики, імпульсної характеристики, ФЧХ та АЧХ підтверджує те, що Maple та Wolfram Mathematic це спеціалізовані програмні забезпечення. Але їх основна спеціалізація – це задачі вищої математики та прикладні математичні задачі.

Таблиця 2.5 Математичні операції ВТ та функції що їм відповідають у програмах MathCAD та MatLAB

Функція	MathCAD	MatLAB
Дельта-функція (или δ -функція, δ - функція Дирака	-	dirac(t)
Функція Гевісайда	-	heaviside(t)
Пряме перетворення Лапласа	Виділити потрібну функцію, Обрати Symbolics → Transform → Laplace і автоматично згенерується формула перетворення.	laplace(F,t,s)

Обернене перетворення Лапласа	Виділити потрібну функцію, Обрати Symbolics → Transform → Inverse Laplace і автоматично згенерується формула перетворення.	$\text{ilaplace}(L,s,t)$
Пряме перетворення Фур'є	$\text{fft}(f)$, $\text{cfft}(F)$	$\text{fft}(f)$
Обернене перетворення Фур'є	$\text{ifft}(f)$, $\text{icfft}(F)$	$\text{ifft}(F)$
Імпульсна характеристика	-	$\text{impulse}(f)$ – графік імпульсної перехідної функції;
Перехідна характеристика	-	$\text{step}(f)$ – графік перехідного процесу; $\text{impulse}(f)$ – графік імпульсної перехідної функції;

З таблиці 2.5 бачимо що у програмному забезпечення MathLAB є уже вбудовані математичні функціональні, що часто використовуються у ВТ. У програмному забезпечення MathCAD доведеться знаходити імпульсну та перехідну характеристики самостійно, за допомогою функції оберненого та прямого перетворення Лапласа.

2.2. Порівняння систем для моделювання роботи електричних схем

2.2.1 Опис основних характеристик обраних програм

Multisim – програма, призначена для професійної розробки

електронних схемотехнічних елементів та моделювання. Є однією з небагатьох програм, які використовують оригінальну програмну SPICE-симуляцію, розроблену в Берклі.

Multisim є подальшою еволюцією програми Electronics Workbench від Interactive Image Technologies. В 2005, Interactive Image Technologies була придбана National Instruments Electronics Workbench Group і Multisim змінив назву на NI Multisim. Широко використовується в науці, освіті та промисловості для побудови електричних кіл, створення електронних схем і SPICE-моделювання.

NI Multisim дозволяє об'єднати процеси розробки електронних пристроїв і тестування на основі технології віртуальних приладів для навчальних та виробничих цілей. Програма містить найновіші версії програмного забезпечення для інтерактивного SPICE-моделювання та аналізу електричних ланцюгів, що використовуються в схемотехніці, проектуванні друкованих плат і комплексному тестуванні. Ця платформа пов'язує процеси тестування і проектування, надаючи розробнику електрообладнання гнучкі можливості технології віртуальних приладів.

База даних компонентів включає більше 2000 SPICE-моделей елементів від провідних виробників, таких як Analog Devices, Linear Technology, Phillips і Texas Instruments, а також, більше 100 нових моделей імпульсних джерел живлення. Крім цього, в новій версії програмного забезпечення з'явився засіб Convergence Assistant, який автоматично коригує параметри SPICE, виправляючи помилки моделювання.

У Multisim є бази даних компонентів трьох рівнів:

1. З Головної бази даних (Master Database) можна тільки зчитувати інформацію, в ній знаходяться всі компоненти;
2. Користувачка база даних (User Database) відповідає поточному користувачу комп'ютера. Вона призначена для зберігання компонентів, які небажано надавати в загальний доступ;

3. Корпоративна база даних (Corporate Database). Призначена для тих компонентів, які повинні бути доступні іншим користувачам з мережі.

Засоби управління базами даних дозволяють переміщати компоненти, об'єднувати дві бази в одну і редагувати їх. Всі бази даних розділяються на групи, а вони, у свою чергу, на сімейства. Коли користувач вибирає компонент і додає його в схему, створюється нова копія цього компоненту, всі зміни з нею ніяк не зачіпають інформацію, що зберігається в базі даних.

Сімейство програм схемотехнічного аналізу Micro-Cap (розробник Spectrum Software) користується досить великою популярністю серед студентів ВНЗ радіоелектронного профілю. Це пов'язано з тим, що ці програми традиційно мають зручний, дружній інтерфейс і досить скромні вимоги до програмно-апаратних засобів комп'ютера. Досвідчені користувачі пакета можуть за потреби створювати власні макромоделі, що полегшують імітаційне моделювання без втрати суттєвої інформації про поведінку системи. А початківці практично відразу можуть відразу почати роботу з програмою на основі аналізу прикладів, що поставляються з програмою. Крім того, Micro-CAP має демонстраційний режим, який дозволяє зрозуміти основні можливості та прийоми.

Повна сумісність зі SPICE-моделями та схемами і розвинені можливості конвертації дозволяють користувачеві Micro-Cap успішно користуватися всіма розробками, призначеними для DESIGNLAB і ORCAD, а отримані навички моделювання дозволять у разі потреби набагато швидше опановувати більш складні професійні пакети моделювання.

У таблиці 2.6 описано можливості та характеристики програмного забезпечення NI Multisim та Micro-CAP.

Таблиця 2.6 – Порівняння програмних засобів.

Критерій	NI Multisim	Micro-CAP
Платформи	Microsoft Windows, Mac	Microsoft Windows, Mac

	OS X, Linux	OS X, Linux
Моделювання роботи схем	Так	Так
Редагування друкованих плат	Так	Ні
Імпорт в інші програми	MS *, MP *, EWB, Spice, OrCAD, UltiCap, Protel, Gerber, DXF, Ultiboard 4 & 5, Calay	HSPICE, PSPICE, SPICE3, netlists, зображення, IBIS, Touchstone
Експорт із інших програм	BOM, Gerber, Excellon, IGES (3D), DXF (2D та 3D), SVG	Текст SPICE, netlist, BOM, Protel, Accel, OrCad, PADS netlists, схематичне зображення та аналіз графічних зображень, числовий вихідний текст, Excel

Таблиця 2.6 Продовження

Бібліотеки елементів	Так	Так
Принцип розповсюдження	Платна версія, безкоштовна версія для студентів.	Платна версія, безкоштовна студентська версія (demo), що має обмеження не більше 50 радіоелементів і не більше 100.

2.2.2 Опис основних функцій аналізу даних обраних програм

Функції аналізу даних Multisim. DC Operating Point – аналіз кола на постійному струмі. Аналіз кіл на постійному струмі здійснюється для резистивних схем. При аналізі на постійному струмі конденсатори замінюють розривом, котушки індуктивності – коротким замиканням, а нелінійні компоненти, такі як діоди і транзистори, замінюють їх опором постійному струму в робочій точці. Аналіз кіл на постійному струмі виявляє вузлові потенціали досліджуваної схеми.

AC Analysis – аналіз кола на змінному струмі. Такий аналіз полягає в побудові частотних характеристик.

Transient Analysis – аналіз перехідних процесів. Дозволяє визначити форму вихідного сигналу протягом тривалості перехідного процесу, тобто побудувати графік сигналу в функції часу. Для того, щоб почати аналіз, потрібно вибрати пункт меню Simulate/Analyses та необхідний режим.

Fourier Analysis – Фур'є аналіз, тобто аналіз спектру сигналу. Дозволяє здійснювати аналіз спектру сигналів у заданому діапазоні частот і вибраній кількості гармонік. Результати аналізу виводяться як у вигляді графіків, так і в табличній формі.

Функції аналізу Micro-Cap перераховані нижче.

Transient ... - розрахунок перехідних процесів в схемі. Дозволяє будувати залежно від часу різних змінних стану схеми і спостерігати їх в графічному вікні так само як на екрані осцилографа.

AC ... - розрахунок частотних характеристик схеми. Дозволяє будувати залежно від частоти різних змінних схеми при подачі на вхід гармонійного впливу з мінливою частотою і постійною амплітудою. Виведені графіки подібні до того, що спостерігається на екрані приладу вимірювача частотних характеристик.

DC ... - розрахунок передавальних функцій по постійному струму (при варіації постійної складової одного або двох джерел сигналів, варіації

температури або параметрів моделей компонентів).

Dynamic DC ... - розрахунок режиму по постійному струму і динамічне відображення на схемі вузлових потенціалів, струмів гілок і розсіюється. У цьому режимі можна змінювати напруги, значення резисторів за допомогою спеціальних двигунів (Sliders) або курсорних клавіш, редагувати схему, додаючи або видаляючи компоненти, змінюючи значення параметрів та інше. MC8 відразу ж після проведених змін розраховує режим по постійному струму і показує значення вузлових потенціалів (струмів гілок, що розсіюються потужностей, станів напівпровідникових приладів).

Dynamic AC ... - розрахунок багато сигнальних характеристик при заданих списком значеннях частот і їх динамічне відображення на вузлах схеми при зміні значень компонентів. Для кожної заданої частоти можна регулювати величини джерел живлення, резисторів, конденсаторів, індуктивностей. MC8 у відповідь проводить мало сигнальний аналіз на поточній частоті і виводить прямо на полі схеми комплексні величини вузлових потенціалів (струмів гілок, потужностей).

Sensitivity ... - розрахунок чутливості режиму по постійному струму. В цьому режимі розраховуються чутливості однієї або декількох вихідних змінних до зміни одного або декількох вхідних параметрів. В якості вхідних змінних параметрів для цього виду аналізу можуть виступати всі параметри моделей, величини пасивних компонентів, символічні параметри. При установці безлічі вхідних параметрів і вихідних функцій може бути згенерований доволі різноманітний обсяг даних.

Transfer Function ... - розрахунок мало сигнальних передавальних функцій в режимі по постійному струму. Розраховується відношення виміряного зміни заданого користувачем вихідного вираження до викликав цю зміну малому обуренню заданого користувачем вхідного джерела постійної напруги (струму). При цьому автоматично розраховуються вхідний і вихідний опору схеми на постійному струмі.

Distortion ... - розрахунок нелінійних спотворень підсилюючих схем з

використанням математичного апарату спектрального Фур'є-аналізу. Фактично в цьому режимі запускається аналіз перехідних процесів при гармонійному впливі на вході схеми і використовуються функції спектрального аналізу для розрахунку нелінійних спотворень.

Probe Transient ... - аналіз перехідних процесів з подальшим відображення результатів для будь-якого вузла (гілки). В цьому режимі здійснюється запуск аналізу перехідних процесів і збереження результатів аналізу на диску. Якщо клікнути мишею в цікавить вузол схеми, то виведеться залежність від часу сигналу в цьому вузлі.

Probe AC ... - аналіз частотних характеристик з наступним відображення результатів для будь-якого вузла (гілки).

Probe DC ... - аналіз передавальних функцій по постійному струму і відображення їх результатів.

Слід зазначити, що при запуску будь-якого режиму Probe (Transient, AC, DC) у верхній частині екрана з'являються нові пункти меню: Probe, Vertical, Horizontal, які містять команди управління цим режимом.

2.3 Висновки до другого розділу

У другому розділі були більш детально розглянуті системи комп'ютерної математики та програми для модуляції роботи електричних схем.

Описано основні характеристики та функціональні можливості програмних засобів Maple, Wolfram Mathematica, MathCad, MatLAB.

Maple та Wolfram Mathematic – спеціалізовані програмні засоби для задач вищої та прикладної математики. Але частково можуть використовуватись у інших галузях, де використовуються математичні розрахунки.

Wolfram Mathematic – це потужне програмне забезпечення. Мінуси програми – це складність на початку роботи (доволі складна мова

прогумування), відсутність безкоштовної студентської версії.

Maple – потужне програмне забезпечення (але менш потужне ніж Wolfram Mathematic), з більш простою та зрозумілою мовою програмування, аналогічною C. Переваги програми – можливість генерувати коди для інших програм (таких, як C, Fortran, Java, MATLAB, Visual Basic).

MatLAB – це програма із великим набором функцій та графіків у зручному для використання середовищі. MatLAB представлений як інструмент математики. Переваги MatLAB – це можливість роботи із великими масивами даних, більша бібліотека функцій, у порівнянні із MathCAD.

MathCAD – більш вузькоспеціалізована програма у порівнянні із MatLAB. MathCAD призначений для інженерного середовища. Основна перевага це простий інтерфейс користувача та використання принципу WYSIWYG (What You See Is What You Get – «що бачиш те й отримуєш»), що робить MathCAD програмним засобом для користувачів без навиків програмування.

Також, у другому розділі були більш детально розглянуті програми для моделювання роботи електричних схем так описано основні характеристики та основні функції аналізу.

Multisim – програма, що більше підходить для тих, хто тільки починає вивчати електротехніку. Дани програмний засіб є інтуїтивно зрозумілішим та простішим у роботі.

Micro-Cap – професійна програма із складним інтерфейсом. Наявна велика кількість різноманітних бібліотек елементів та більше доступних функцій аналізу.

3 ВИКОРИСТАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ АНАЛІЗУ СХЕМИ

3.1 Аналіз схеми у програмі Micro-Cap

Побудуємо схему у середовищі Micro-Cap.

Для генерування синусоїдального сигналу використовується стандартний елемент пакету Voltage Source, на схемі позначається V1. Дослідження схеми проводилися при входній напрузі в 1.75 В на частоті від 1 кГц до 100 кГц.

Синусоїдальний сигнал подається на інвертуючий підсилювач побудований на базі ОП РА95. Коефіцієнт підсилення даної схеми рівний 20.

Для коректного і безпечного функціонування в схему встановлюється струмообмежуючий резистор R8 з опором не менше 3 Ом. Для корекції частотної характеристики призначений конденсатор C1, номінальне значення якого залежить від коефіцієнта підсилення і приймає значення від 4.7пФ. Напруга живлення операційного підсилювача становить ± 50 В.

Дослідження схеми відбувається за допомогою аналізу частотного аналізу (AC). На рисунках 3.2 та 3.3 зображено відповідно ФЧХ та АЧХ схеми.

Дослідження схеми відбувається за допомогою аналізу перехідних процесів Transient Analysis. На рисунку 2.4 зображено відповідні форми вхідного та вихідного сигналів синього кольору відповідає вхідному сигналу, а червоного – вихідному.

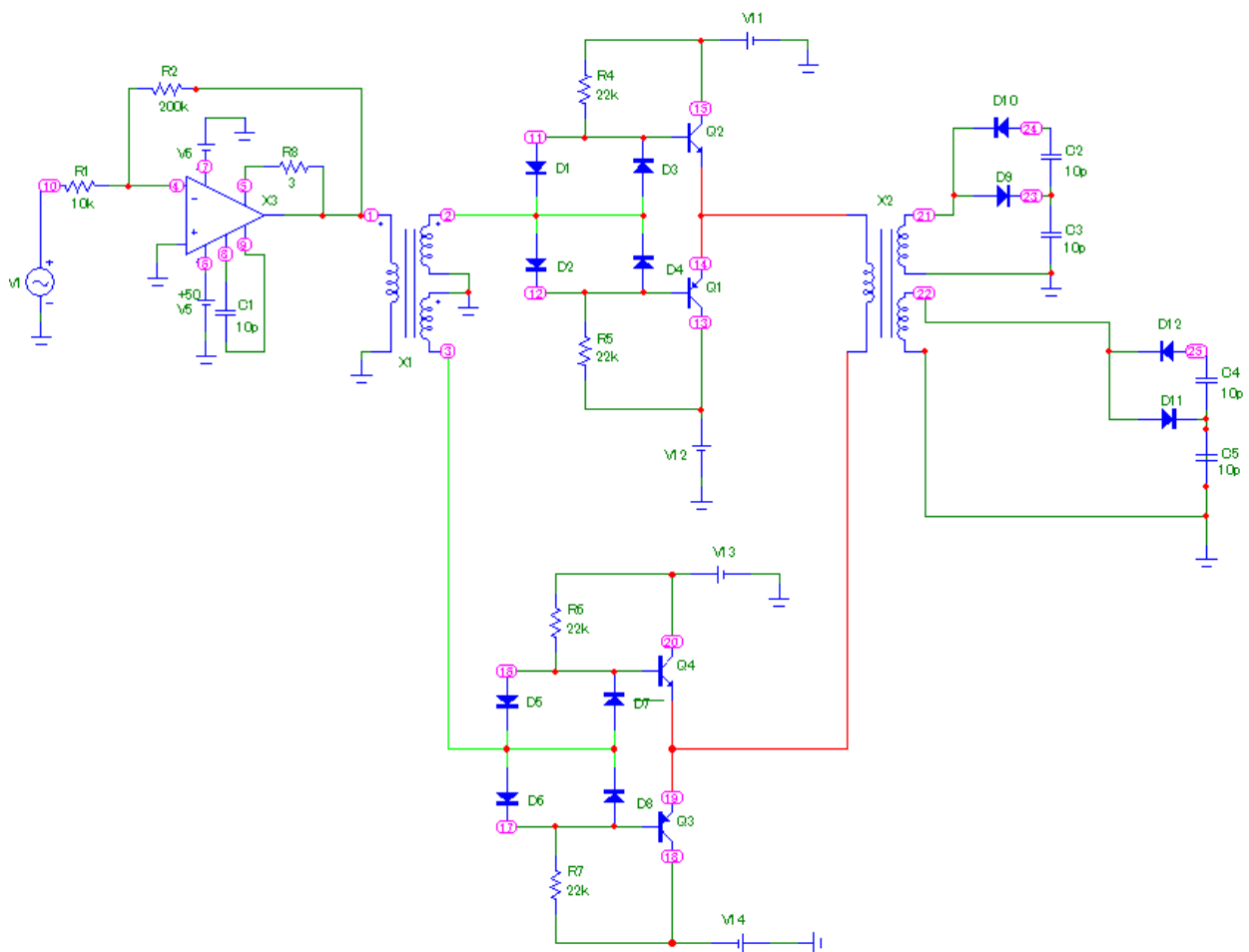


Рисунок 3.1 Схема у середовищі Micro-Cap

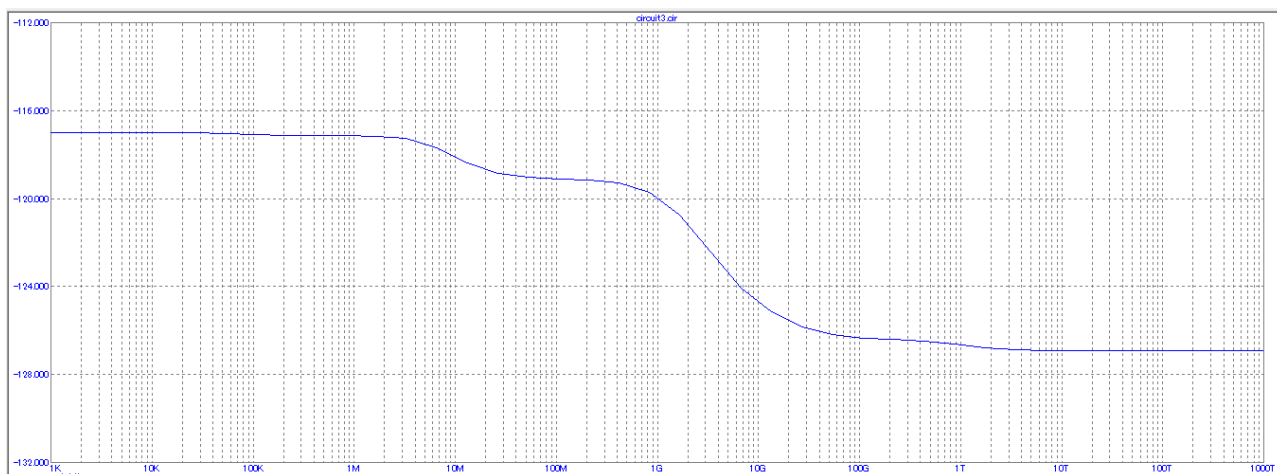


Рисунок 3.2 ФЧХ схеми у середовищі Micro-Cap

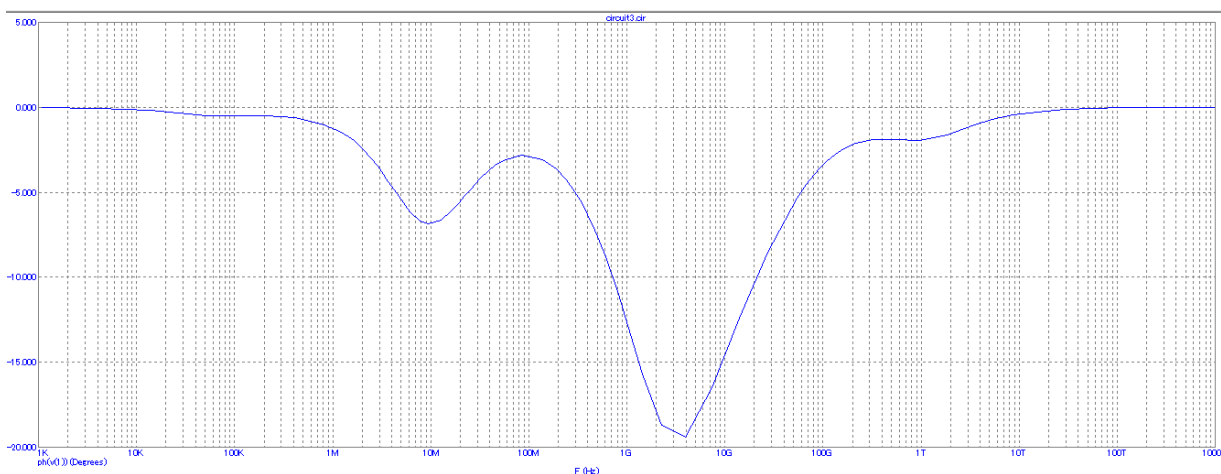


Рисунок 3.3 ФЧХ схеми у середовищі Micro-Cap

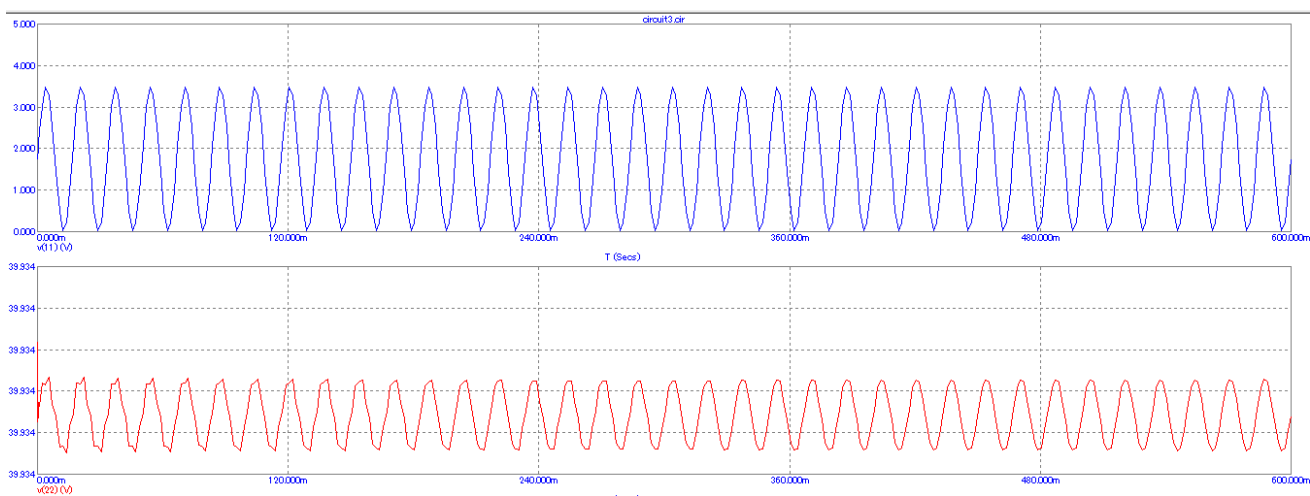


Рисунок 3. Форми вхідного та вихідного сигналів схеми (синього кольору відповідає вхідному сигналу, а червоного – вихідному)

3.2 Використання системи Maple

Maple є відомим математичним пакетом, орієнтованим на символний аналіз і обробку математичних формул.

Як приклад використання даного програмного засобу у вимірювальній техніці розглянемо аналіз послідовного RLC-контуру.

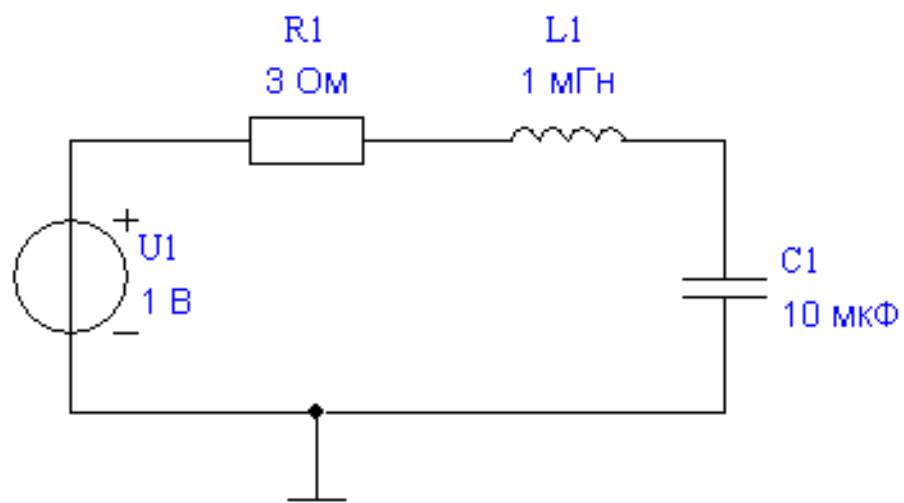


Рисунок 3.1 Послідовне RLC-коло

Знайдемо зображення передаточної функції схеми.

$$H(p) = \frac{U_{\text{вих}}(p)}{U_{\text{вх}}(p)} = \frac{U_C(p)}{U(p)}. \quad (3.1)$$

Напруга на конденсаторі обчислюється за формулою:

$$U_C(p) = I \cdot \frac{1}{C \cdot p}. \quad (3.2)$$

Струм на конденсаторі обчислюється за формулою:

$$I = \frac{U_{\text{ex}}}{R + L \cdot p + \frac{1}{C \cdot p}} = \frac{U_{\text{ex}} \cdot C \cdot p}{R \cdot C \cdot p + L \cdot C \cdot p^2 + 1}. \quad (3.3)$$

Підставимо рівняння (3.3) у (3.2):

$$U_c(p) = \frac{U_{\text{ex}} \cdot C \cdot p}{R \cdot C \cdot p + L \cdot C \cdot p^2 + 1} \cdot \frac{1}{C \cdot p} = \frac{U_{\text{ex}}}{R \cdot C \cdot p + L \cdot C \cdot p^2 + 1}. \quad (3.4)$$

Підставимо рівняння (3.4) у (3.1) та отримаємо зображення передаточної функції схеми:

$$H(p) = \frac{1}{R \cdot C \cdot p + L \cdot C \cdot p^2 + 1}. \quad (3.5)$$

Маючи рівняння передаточної функції побудуємо у системі Maple та MatLAB графіки імпульсної та перехідної характеристик, АЧХ, ФЧХ.

Лістинг для побудови амплітудної та фазочастотної характеристик:

```
> R := 3; L := 0.001; C := 1e-05;
H_p := 1/(p^2*C*L+p*C*R+1); //зображення рівняння передаточної функції
H:=proc(f) eval(H_p, p=I*2*Pi*f); end proc;
with(plots):
plot(abs(H(f)), f=10..7000); //побудова графіка ФЧХ
plot(argument(H(f))/Pi*180, f=10..7000); //побудова графіка ФЧХ
```

Результат роботи програми зображено на рисунках 3.2 та 3.3.

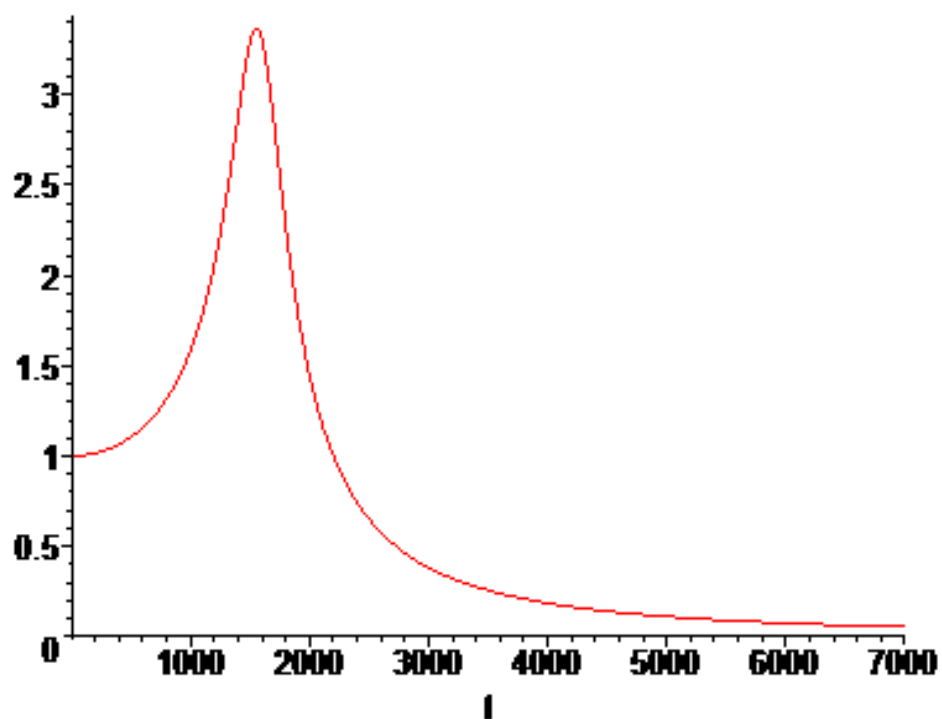


Рисунок 3.2 Графік амплітудно-частотної характеристики RLC-кола у системі Maple

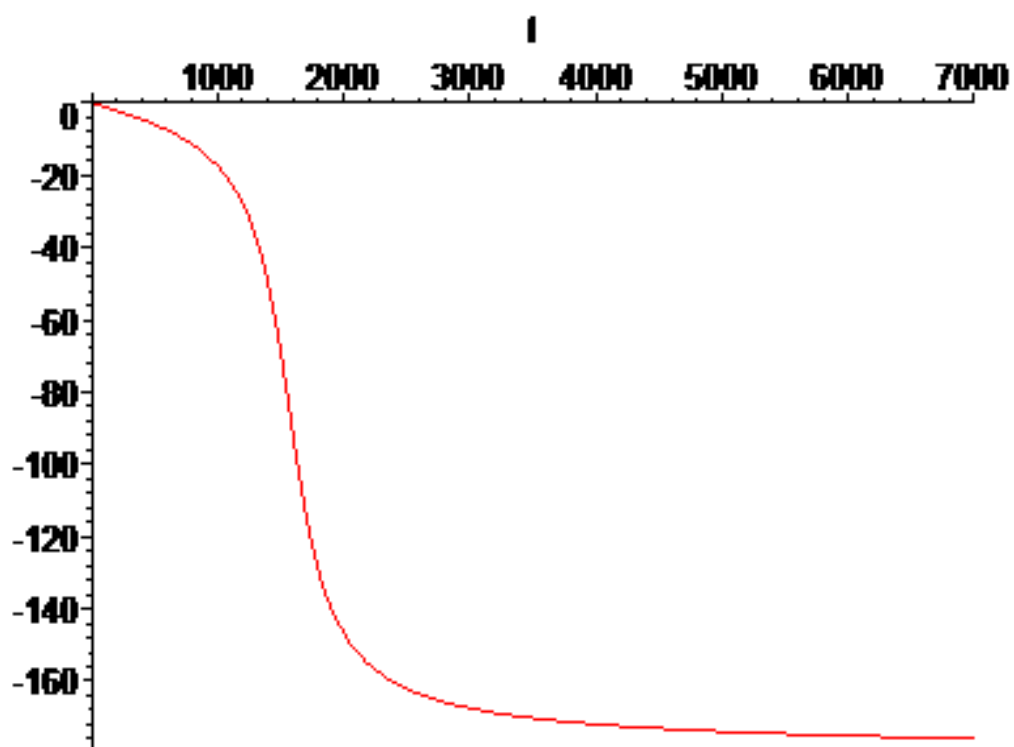


Рисунок 3.3 Графік фазо-частотної характеристики RLC-кола у системі Maple

Лістинг для побудови імпульсної та перехідної характеристик:

```
> H_p := 1/(p^2*C*L+p*C*R+1); //зображення рівняння передаточної функції
with(inttrans):
H_t:=invlaplace(H_p, p, t); //обернене перетворення Лапласа
передаточної функції
g:=proc(t) eval(H_t); end proc;
D_t:=invlaplace(H_p/p, p, t); //обернене перетворення Лапласа
передаточної функції поділеної на p (імпульсна характеристика)
h:=proc(t) eval(D_t); end proc;
R := 3; L := 0.001; C := 1e-05;
with(plots):
plot(g(t), t=0..0.01); //побудова графіка перехідної характеристики
plot(h(t), t=0..0.01); //побудова графіка імпульсної характеристики
```

Результат роботи програми зображено на рисунках 3.4 та 3.5.

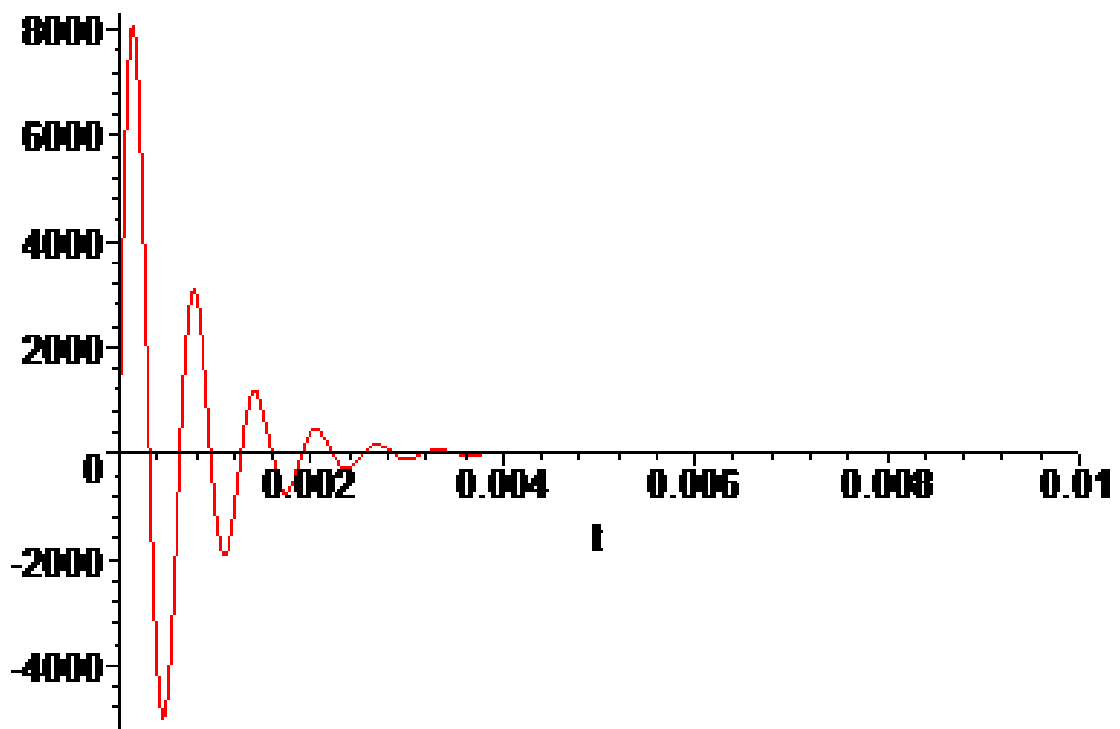


Рисунок 3.4 Графік перехідної характеристики RLC-кола у системі Maple

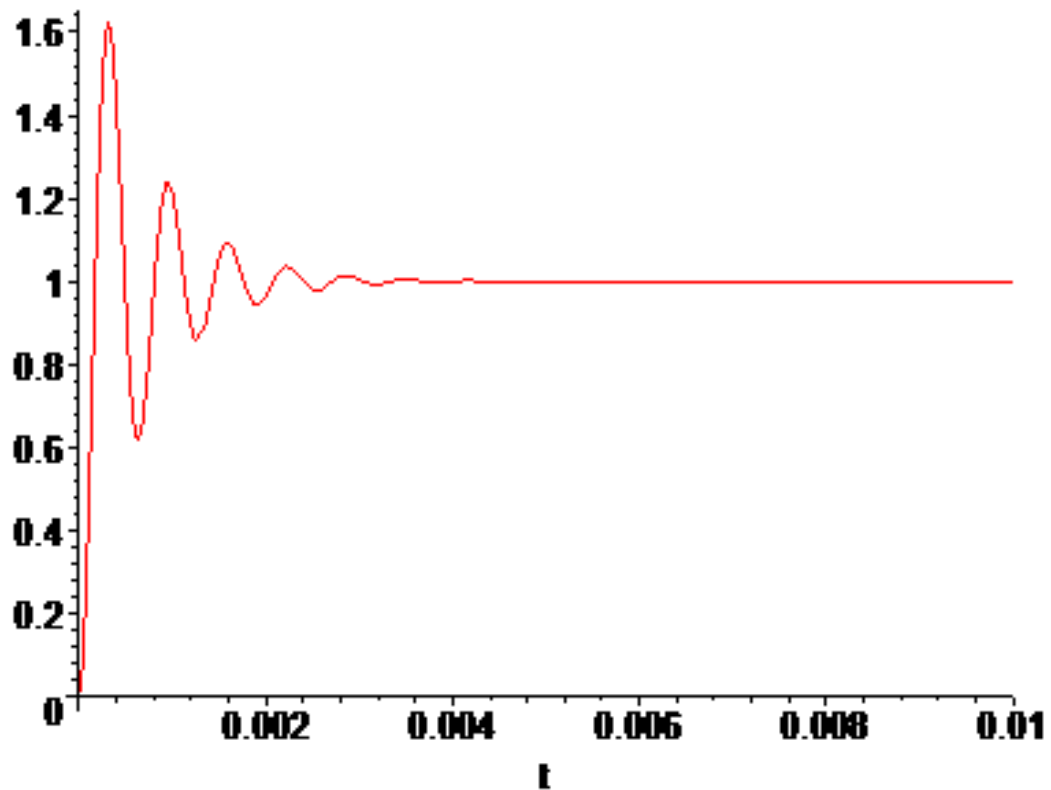


Рисунок 3.5 Графік Імпульсної характеристики RLC-кола у системі Maple

3.3 Висновки до третього розділу

У третьому розділі, за допомогою системи комп'ютерної математики Maple 7 було побудовано графіки перехідної та імпульсної характеристики, амплітудно-частотну та фазочастотну характеристики послідовного RLC-кола.

Також, за допомогою програми для моделювання роботи електричних схем Micro-Cap 9, побудовано амплітудно-частотну та фазочастотну характеристики послідовного RLC-кола.

Графіки АЧХ та ФЧХ побудовані у різних програмних засобах ідентичні.

4 РОЗРОБКА УЗАГАЛЬНЕНОЇ БАЗИ ДАНИХ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ У ВИМІРЮВАЛЬНІЙ ТЕХНІЦІ У СИСТЕМІ MICROSOFT ACCESS

4.1 Microsoft Access

Microsoft Access - реляційна система управління базами даних, розроблена корпорацією Microsoft. Відрізняється великою кількістю вбудованих зразків для створення баз даних. Є можливість швидкого експорту всіх пов'язаних джерел даних в Excel. В останніх версіях програми дизайн інтерфейсу можна змінювати між кольоровим і білим.

Вбудований пошук по настройок і функцій значно спрощує роботу з програмою. Для початку роботи досить вибрати тип даних для аналізу і Microsoft Access самостійно вибудує відповідну структуру з вбудованими засобами навігації та основними командами.

Основні можливості Microsoft Access:

- Широкий набір інструментів для створення і роботи з базами даних;

- Велика кількість встановлених шаблонів;
- Підтримка апаратного прискорення;
- Можливість експорту даних в SQL;
- Тісна інтеграція з іншими додатками офісного пакету Microsoft Office і сервісом SharePoint;
- Легке перемикання між вкладками;
- Легкий доступ до проектів в хмарі;
- Папку для збереження матеріалів на комп'ютері можна вибирати самостійно;
- Використання макросів;
- Автоматичне збереження всіх внесених змін, в тому числі і в разі екстреного закриття проекту.

В додаток вбудовано засіб перевірки правопису, яке може працювати як в хмарі, так і локально. Фільтрувати і сортувати матеріал можна в автоматичному режимі з урахуванням виставлених налаштувань. Збір і відправка даних по електронній пошті виробляються з інтерфейсу програми.

Технологія IntelliSense дозволяє майже повністю автоматизувати процеси, що вимагають від користувача виконання складних дій - написання коду і складних виразів. Візуальне відображення звітів підтримує форматування гістограм, завдяки чому звіти виглядають набагато більш інтуїтивно зрозумілими. [31]

4.2 Структура розробленої бази даних

Для узагальнення усіх порівняльних таблиць та отриманих висновків про розглянуті розробимо просту, але ефективну базу даних у системі Microsoft Access.

Узагальнена база даних програмних засобів що використовуються у вимірювальній техніці (далше просто База даних) буде складатись із трьох

таблиць. (При розширенні Баз даних, та описі програмних засобів що входять до інших груп кількість таблиць може збільшуватись.)

Структура бази даних зображена на рисунку 4.1.

Перша таблиця «Групи програмних засобів» складається із таких полів:

1. Код
2. Група програмних засобів
3. Спеціалізованість групи.
4. У яких галузях використовується.
5. Узагальнений перелік функції.

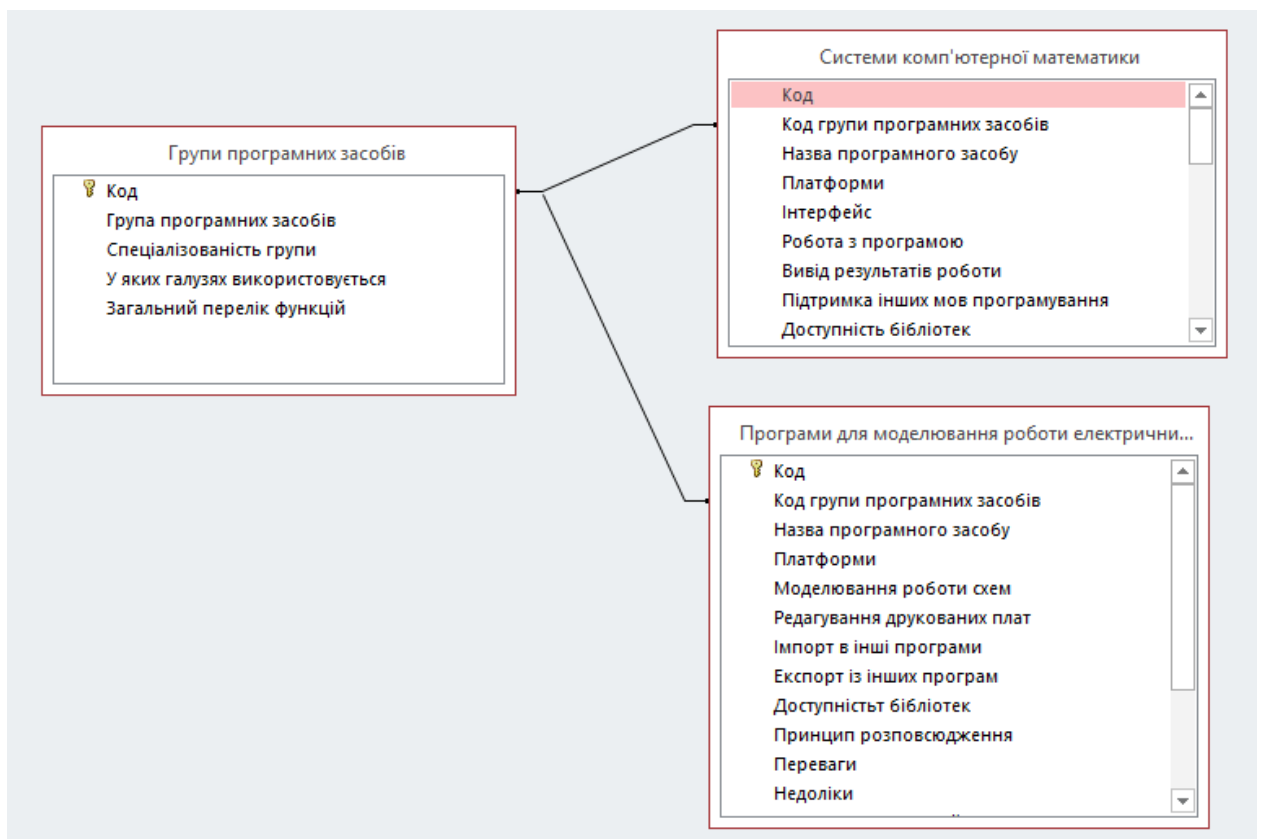


Рисунок 4.1 Структура бази даних

Друга таблиця «Системи комп'ютерної математики» складається із

таких полів:

1. Код
2. Код групи програмних засобів
3. Назва програмного засобу
4. Платформи
5. Інтерфейс
6. Робота із програмою
7. Виведення результатів роботи
8. Підтримка інших мов програмування
9. Доступність бібліотек
10. Принцип розповсюдження
11. Переваги
12. Недоліки
13. Символьні обчислення і чисельні методи
14. Лінійна алгебра
15. Операції з матрицями
16. Операції з векторами
17. Знаходження границь
18. Операції з рядами
19. Диференціювання та інтегрування функцій
20. Лінійні рівняння
21. Алгебраїчні нерівності
22. Диференціальні рівняння
23. Системи алгебраїчних рівнянь
24. Системи диференціальних рівнянь
25. Спрощення виразів
26. Функція Дирака
27. Функція Гевісайда
28. Пряме/обернене перетворення Лапласа
29. Пряме/обернене перетворення Фур'є

30.Імпульсна характеристика

31.Перехідна характеристика

32.АЧХ, ФЧХ.

Третя таблиця «Програми модуляції роботи електричних схем» складається із таких полів:

1. Код
2. Код групи програмних засобів
3. Назва програмного засобу
4. Платформи
5. Інтерфейс
6. Доступність бібліотек
7. Принцип розповсюдження
8. Розводка плат
9. Переваги
- 10.Недоліки
- 11.Аналіз кола на постійному струмі
- 12.Аналіз кола на змінному струмі
- 13.Аналіз перехідних процесів
- 14.Фур'є аналіз (аналіз спектру сигналу)
- 15.Розрахунок перехідних процесів в схемі
- 16.Аналіз частотних характеристик.

Таблиці бази даних представлені у додатку 1.

4.3 Висновки до четвертого розділу

У даному розділі були описані можливості реляційної система управління базами даних Microsoft Access.

Перераховані таблиці та їх поля, що увійшли до Узагальненої база даних програмних засобів що використовуються у вимірювальній техніці.

5 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТ «УЗАРАЛЬННА БАЗА ДАНИХ ПРОГРАМНИХ ЗАОБІВ ЩО ВИКОРИСТОВУЄТЬСЯ У ВИМІРЮВАЛЬНІЙ ТЕХНІЦІ»

5.1 Опис ідеї проекту

Автоматизація — є одним з напрямів науково-технічного прогресу, який спрямовано на застосування саморегульованих технічних засобів, економіко-математичних методів і систем керування, що звільняють людину від участі у процесах отримання, перетворення, передачі і використання енергії, матеріалів чи інформації, істотно зменшують міру цієї участі чи трудомісткість виконуваних операцій.

На сьогоднішній день автоматизація не оминула жодну галузь, а з розвитком інформаційних технологій з'являється все більше нових програмних продуктів.

Проаналізувавши у попередніх розділах програмні засоби, що використовуються у вимірювальній техніці були визначені їх функціональні можливості, сильні та слабкі сторони. На основі цих даних була створена систематизована база даних у системі управління базами даних Access.

В розділ опису проекту входять:

- зміст запропонованої ідеї;
- можливі напрямки застосування;
- основні вигоди, що може отримати кінцевий користувач;
- відмінність від аналогів.

Перші три пункти оформлені в вигляді таблиці для зручнішого уявлення про ідею.

В таблиці 5.1 зображено зміст ідеї та можливі базові потенційні ринки, в межах яких потрібно шукати групи потенційних клієнтів.

Таблиця 5.1 – Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Узагальнення програмних засобів	Структуризація даних	Огляд доступних програмних засобів, вибір потрібно програмного засобу для даного завдання
	Малі та середні підприємства, що займаються розробкою програмних засобів	Представити свої програмні засоби на рівні із програмними засобами відомих компаній гігантів
	Навчальні заклади	Швидкий вибір потрібного програмного засобу

Отже, пропонується узагальнена база даних із описом програмних засобів, їх основних характеристик та функціональних можливостей, сильних та слабких сторін, напрямки застосування якої поділяються на три категорії: в якості єдиної бази даних опису наявних програмних засобів, в якості

реклами для не відомих та вузькоспеціалізованих програмних засобів та в якості бази даних для пошуку програмних засобів за їх функціональними можливостями.

Аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї порівняно із пропозиціями конкурентів представлено у вигляді таблиці 5.2 та передбачає:

- визначення переліку техніко-економічних властивостей та характеристик товару;
- визначення попереднього кола конкурентів (проектів-конкурентів) і товарів-аналогів, що вже існують на ринку, та проведення збору інформації щодо значень техніко-економічних показників для ідеї власного проекту та проектів-конкурентів відповідно до визначеного вище переліку;
- порівняльний аналіз показників: для власної ідеї визначаються показники, що мають а) гірші значення (W, слабкі); б) аналогічні (N, нейтральні) значення; в) кращі значення (S, сильні) (таблиця 5.2).

Таблиця 5.2 – Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W	N	S
	Моя база даних	«Wikipedia»	«EE Times»	«Cxem.net»			
Охоплює не одну галузь	Міжгалузева	Міжгалузева	Внутрішньо галузева	Внутрішньо галузева	-	-	+
Універсальність	База даних реалізована у системі Acces (доступна веб-версія)	Веб-сайт	Веб-сайт	Веб-сайт	-	-	+
Система пошуку	Пошук за ключовими словами	Пошук за ключовими словами	Пошук за ключовими словами	Пошук за ключовими словами	-	+	-
Наявність форуму для питань та відповідей	Немає	Немає	Реалізовано	Реалізовано	+	-	-
Багатомовність	Українська	Багатомовність	Російська	Російська	+	-	-

Як описано у таблиці 5.2 сильними характеристиками розробленої бази даних є міжгалузовість (охоплює не одну галузь) та універсальність (оскільки база реалізована у системі Access, що входить до пакету програм Microsoft Office, то часто не потрібні додаткові програми для перегляду). До слабких сторін відноситься відсутність форуму для зауважень та обговорень, та реалізація бази даних тільки однією мовою (українською).

5.2 Технологічний аудит ідеї проекту

В межах даного підрозділу проводиться аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати технології створення товару.

Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту передбачає аналіз таких складових:

- за якою технологією буде виготовлено товар згідно нашої ідеї?
- чи існують такі технології, чи їх потрібно розробити/доробити?
- чи доступні такі технології нам?

Всі ці складові представлені у таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1.	Розробка бази даних із описом програмних засобів що застосовуються у вимірювальній техніці	Реалізація проекту у системі Access	Наявна	Доступна
		Реалізація проекту у системі MySQL	Потребує розробки	Не доступна

		Реалізація проекту у середовищі розробки Oracle SQL Developer	Потребує розробки	Не доступна
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: технологія №1 – реалізація проекту у системі Access				

Проаналізувавши таблицю можна зробити висновок, що для реалізації ідеї проекту була вибрана система управління базами даних Access, що входить до пакету програм Microsoft Office .

5.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Визначимо ринкові можливості, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкові загрози, які можуть перешкодити його реалізації.

Це дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів-конкурентів.

У таблиці 5.4 представлена попередня характеристика потенційного ринку даної продукції: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку.

Таблиця 5.4 – Попередня характеристика ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	3
2	Загальний обсяг продаж, ум.од	2000 грн.
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	немає
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	немає
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	13,1%

Отже, за попереднім оцінюванням, можна сказати, що ринок є досить конкурентоспроможний, але серед конкурентів мало баз даних, що узагальнюють програмні засоби різних груп та галузей. Середня норма рентабельності проекту становить 13,%, більша за середній банківський відсоток на вкладення, тому ринок є привабливим для входження за попереднім оцінюванням.

Далі визначено потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (таблиця 5.5).

Таблиця 5.5 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Постійна розробка нових програмних засобів	Навчальні заклади вищої та середньої освіти, підприємства, малий та середній бізнес	особливості купівлі: компанії заключають довготривалі договори, а стартапери віддають перевагу пробному терміну стандарті: в компаніях архітектором баз даних може виступати декілька людей, в стартапах зазвичай це одна людина	Проста система пошуку Стабільність роботи Невисока ціна (корпоративна закупівля ліцензій на цілий відділ) Підтримка мобільних платформ

Основною потребою, що формує ринок – це постійна розробка нових програмних засобів. Вимоги споживачів до бази даних це проста система пошуку, стабільність роботи, невисока ціна (корпоративна закупівля ліцензій на цілий відділ), підтримка мобільних платформ.

При застосуванні даної технології існують певні загрози. (таблиця 5.6), які можна поділити на такі категорії: чинники попиту, чинники конкуренції,

чинники збуту, економічні чинники, політичні і правові чинники, науково-технічні чинники, соціально-демографічні чинники, соціально-культурні чинники, природні і екологічні чинники, міжнародні чинники.

Таблиця 5.6 – Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1.	Поява нових програмних продуктів	Ринок постійно розвивається, тому необхідно постійно слідкувати за виходом нових програмних засобів та оновленням уже існуючих	Моніторинг ринку та додавання нових програмних засобів у базу даних

Таблиця 5.6 Продовження

2.	Обмежене коло цільової аудиторії	Підходить для кафедр, що працюють із програмними симуляції роботи електричних схем У систему занесена інформація про програмні засоби комп'ютерної алгебри та програми для модуляції роботи електричних схем	Розширення бази даних новими програмними засобами, що використовуються в інших галузях
3.	Програмні обмеження	База даних реалізована у системі Access, що обмежує деякі можливості пошуку	Розробка бази даних у іншому середовищі
4.	Ціна	Доступ до багатьох безкоштовних сайтів із описом програмних засобів	Встановити мінімальну вартість

Основні загрози для продукту це поява нових програмних продуктів, обмежене коло цільової аудиторії, програмні обмеження. Для того щоб зменшити можливу загрозу потрібно постійно розширювати базу даних додаючи нові таблиці із програмними засобами, що використовуються в інших галузях, та оновлювати уже існуючі додаючи нові програмні продукти. Щоб уникнути програмних обмежень займатись удосконаленням та розробкою бази даних у іншому середовищі.

Але поряд із колом загроз існують і певні можливості (таблиця 5.7).

Таблиця 5.7 – Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1.	Новизна	Поява нової узагальненої бази даних із описом програмних різних компаній	Постійне оновлення та розширення бази даних
2.	Відсутність повноцінних альтернатив	Існуючі альтернативи описують 1-4 програмні засоби однієї спеціалізації	Розширення бази даних

Таблиця 5.7 – Продовження

3.	Універсальність	Оскільки база реалізована у системі Access, що входить до пакету програм Microsoft Office, то часто не потрібні додаткові програми для перегляду	Розробка бази даних у інших середовищах
4.	Розширення цільової аудиторії	Розширення бази даних	Додавання нових таблиць, із описом програмних засобів, що використовуються у інших галузях

До факторів можливостей, які можна використати на користь проекту можна віднести новизну, відсутність повноцінних аналогів, універсальність, розширення цільової аудиторії. Впровадити ці можливості можна тільки завдяки постійному оновлення списку уже існуючих програмних засобів та постійному розширенню бази даних, шляхом додавання нових таблиць із програмними засобами що використовуються в інших галузях.

Надалі проводиться ступеневий аналіз пропозиції. Визначення загальних особливостей конкурентного середовища та в чому проявляється дана характеристика.

Таблиця 5.8 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

№ п/п	Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства
1.	Тип конкуренції (монополія, олігополія, монополістична, чиста)- монополістична	Існує велика кількість сайтів із описом і порівняльними характеристиками програмних засобів	Постійне удосконалення та розширення продукту
2.	За рівнем конкурентної боротьби – міжнародний	Основна маса компаній, що займаються розробкою програмних засобів це іноземні компанії	Адаптація продукту під будь-який ринок

Таблиця 5.8 – Продовження

3.	За галузевою ознакою (міжгалузевий, внутрішньогалузевий) – міжгалузевий	Продукт використовується тільки не в одній галузі	Вдосконалення продукту
4.	Конкуренція за видами товарів (товарно-родова, товарно-видова, між бажаннями) – товарно-родова	Види програмного забезпечення відрізняються галузями застосування	Створення нових таблиць із різними програмними засобами
5.	За характером конкурентних переваг (цінова, нецінова) – нецінова	Надання функцій, які не надають конкуренти	Розширення можливостей пошуку за різними параметрами
6.	За інтенсивністю (марочна, не марочна) – марочна	Надання функцій, які не надають конкуренти	Реклама

Отже, можна зробити висновок, що тип конкуренція для розробленого продукту – монополістичний, з конкуренцією на міжнародному рівні. Це суттєво вплине на базу даних. Потрібно буде зробити її багатомовною та постійно розширювати та оновлювати для збереження рівня конкурентоспроможності.

Далі проведено аналіз конкуренції у галузі за моделлю М. Портера.

Таблиця 5.9 – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
------------------	---------------------------	-----------------------	---------------	---------	------------------

	Wikipedia	EE Times, Sxem.net	-	Контроль якості	Поява більшої та новішої бази даних
Висновки:	Інтенсивна конкурентна боротьба	Є можливості виходу на ринок, оскільки існуючі рішення не надають потрібних переваг	Підлаштовуват ись під ринок	Клієнти визначають потреби та диктують умови	Постійне розширення та оновлення бази даних

Проаналізувавши таблицю 5.9, можна зробити висновки про можливість виходу на ринок, оскільки існуючі рішення не надають потрібних переваг. Також можна визначити основне завдання, постійне розширення та оновлення бази даних, щоб залишатись конкурентноспроможним на ринку. Цей висновок був врахований при формулюванні переліку факторів конкурентоспроможності у наступному пункті.

На основі аналізу конкуренції, проведеного в таблиці 5.9, а також із урахуванням характеристик ідеї проекту (таблиця 5.2), вимог споживачів до товару (таблиця 5.5) та факторів маркетингового середовища (таблиці 5.6, 5.7) визначається та обґрунтовується перелік факторів конкурентоспроможності. Аналіз оформлюється за таблицею 5.10.

Таблиця 5.10 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування
1.	Новизна	Поява нової узагальненої бази даних із описом програмних рішень компаній
2.	Відсутність повноцінних альтернатив	Відсутність альтернативних узагальнених баз даних, що охоплюють відразу декілька галузей.
3.	Універсальність	База даних реалізована у системі Access, що входить до пакету програм Microsoft Office, тобто часто не потрібні додаткові програми
4.	Розширення цільової аудиторії	Додавання нових таблиць, із описом програмних засобів, що використовуються у інших галузях

За визначеними факторами конкурентоспроможності (таблиця 5.10) проведено аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту (таблиця 5.11).

Таблиця 5.11 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін

№	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з нашим продуктом						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1.	Новизна	13				+			
2.	Відсутність повноцінних альтернатив	17			+				
3.	Універсальність	10						+	
4.	Розширення цільової аудиторії	20							+

Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є складання SWOT-аналізу (матриці аналізу сильних (Strength) та слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities) (таблиця 5.12) на основі виділених ринкових загроз та можливостей, та сильних і слабких сторін (таблиця 5.11).

Таблиця 5.12 – SWOT- аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: відсутність повноцінних аналогів, універсальність	Слабкі сторони: реалізація однією мовою
---	---

Можливості: попит, новизна, універсальність, розширення цільової аудиторії	Загрози: конкуренція, поява нових програмних продуктів, обмежене коло цільової аудиторії, програмні обмеження, ціна
--	---

На основі SWOT-аналізу було розроблено альтернативи ринкової поведінки (перелік заходів) для виведення стартап-проекту на ринок та орієнтовний оптимальний час їх ринкової реалізації з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок (див. таблицю 5.9).

Визначені альтернативи були проаналізовані з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів (таблиця 5.13).

Таблиця 5.13 – Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

Альтернатива ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
Орієнтація узагальненої бази даних на ринок державних установ	60%	1-2 місяці
Знижки, за розширення бази даних	40%	3-4 місяці

Після аналізу було обрано альтернативу №1.

5.4 Розробка ринкової стратегії

Розробка ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: було проведено опис цільових груп потенційних споживачів (таблиця 5.14).

Таблиця 5.14 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
--	---	---	--------------------------------------	--------------------------

Державні установи	Потребують переговорів	Високий	Середня	Дуже складно
Фізичні особи віком до 18 років	Низька	Середній	Висока	Дуже складно
Фізичні особи віком від 18 років	Низька	Низький	Висока	Дуже складно
Компанії та підприємства	Потребують переговорів	Середній	Висока	Дуже складно
Як цільові групи обрано: державні установи, компанії та підприємства				

Проаналізувавши потенційні цільові групи споживачів було обрано дві основні групи (державні установи, компанії та підприємства), яким буде запропоновано даний товар та визначено стратегію виходу на передові позиції ринку. Стратегію концентрованого маркетингу (охопити найбільшу частину одного або кількох сегментів).

Для роботи в обраних сегментах ринку сформовано базову стратегію розвитку (таблиця 5.15).

Таблиця 5.15 – Визначення базової стратегії розвитку

Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
Орієнтація узагальненої бази даних на ринок державних установ	Концентрованого маркетингу	Низка вартість	Стратегія диференціації

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів. Перелік ринкових загроз та ринкових можливостей складається на основі

аналізу факторів загроз та факторів можливостей маркетингового середовища. Після визначення потенційних груп клієнтів проводиться аналіз ринкового середовища: складаються таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту. Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (таблиця 6.16).

Наступним кроком обрано стратегію конкурентної поведінки (таблиця 5.16).

Таблиця 5.16 – Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
Так	Пошук нових	Ні	Стратегія лідера

На основі вимог споживачів з обраних сегментів до постачальника (стартап-компанії) та до продукту (див. таблицю 5.5), а також в залежності від обраної базової стратегії розвитку (таблиця 5.15) та стратегії конкурентної поведінки (таблиця 5.16) розроблено стратегію позиціонування (таблиця 5.17), що полягає у формуванні ринкової позиції (комплексу асоціацій), за яким споживачі мають ідентифікувати проект.

Таблиця 5.17 – Визначення стратегії позиціонування

Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту

Невисока ціна	Позиціонування за показниками ціни	Наявність певних характеристик товару відмінних від аналогів	Точність, легкість у використанні, зручність
---------------	------------------------------------	--	--

Результатом виконання підрозділу стала узгоджена система рішень щодо ринкової поведінки стартап-компанії, яка визначає напрями роботи стартап-компанії на ринку.

5.5 Розробка маркетингової програми стартап-проекту

Сформовано маркетингову концепцію товару, який отримає споживач. Для цього у таблиці 5.18 підсумовано результати попереднього аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 5.18 – Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами
Пошуку потрібного програмного засобу	Пошук усіх доступних програмних засобів за вказаними функціональними характеристиками	Відсутність альтернативних баз даних
База даних розроблена у системі Access	Можна користуватись без доступу до інтернету	Не потрібно встановлювати додаткових програмних засобів

Отже, ключовими перевагами концепції потенційного товару є те, що програма задовольняє основну потребу – пошук потрібного програмного забезпечення та не потребує встановлення додаткових програмних засобів, для роботи із базою даних.

Далі розроблено трирівневу маркетингову модель товару: уточняється ідея продукту, його фізичні складові, особливості процесу його надання (таблиця 5.19).

Таблиця 5.19 – Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
1 Товар за задумом	База даних дозволяє робити пошук усіх доступних програмних засобів за вказаними функціональними характеристиками		
2 Товар у реальному виконанні	Властивості\характеристики	М\Нм	Вр\Тх\Тл\Е\Ор
	1. Новизна	Нм	Тх
	2. Відсутність повноцінних альтернатив	М	Тд
	3. Універсальність	Нм	Вр
	4. Ціна	М	Е
	5. Зручність	М	Тл
	Нзва товару – «Узагальнена база даних програмних засобів»		
3 Товар із підкріпленням	До продажу: Демонстрація роботи		
	Після продажу: Постійне оновлення, підтримка існуючого продукту		

Отже, у сформованій маркетинговій моделі слід підкреслити, що основними характеристиками трьохрівневої моделі є товар за задумом – узагальнена база даних, що дозволяє здійснювати пошук усіх доступних програмних засобів за вказаними функціональними характеристиками; товар у реальному виконання – нова, зручна та універсальна база даних, без повноцінних альтернативних аналогів; товар із підкріпленням – постійне оновлення, підтримка існуючого продукту.

Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційний товар (остаточне визначення ціни відбувається під час фінансово-економічного аналізу проекту), яке передбачає аналіз ціни на товари-аналоги або товари субститути, а також аналіз рівня доходів цільової групи споживачів (таблиця 20). Аналіз проведено експертним методом.

Таблиця 5.20 – Визначення меж встановлення ціни

Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар
400-800 USD	-	10 – 100 тис USD	400 – 500 USD

Проаналізувавши рівень цін на програми замітники (400-800 USD) та середній рівень доходів споживачів = 10 – 100 тис USD, то рівень цін на базу даних = 400 – 500 USD.

Наступним кроком є визначення оптимальної системи збуту, в межах якого було прийняте рішення проводити збут власними силами і залучати сторонніх посередників (таблиця 5.21).

Таблиця 5.21 – Формування системи збуту

Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
Обмежна кількість одиниць на особу	Роздрібна торгівля	Однорівневий канал	Власні сили та через посередників

Виходячи з таблиці 5.21 можна зробити висновок, що один споживач може купити одну базу даних, але база даних може передаватись на декілька а девайсів. Тобто користувач купує підписку на програму.

Останньою складовою маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів (таблиця 5.22).

Таблиця 5.22 – Концепція маркетингових комунікацій

Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
---------------------------------------	--	--	----------------------------------	--------------------------------

	цільові клієнти			
Клієнти обиратимуть зручніший товар з потрібними характеристиками	Соціальні мережі, електронна пошта, телефон	Новизна, зручність, легкість, швидкість	Показати переваги продукту, відсутність повноцінних агалогів	Демо ролик з використанням, реклама

Результатом розділу стала ринкова (маркетингова) програма, що включає в себе концепції товару, збуту, просування та попередній аналіз можливостей ціноутворення, спирається на цінності та потреби потенційних клієнтів, конкурентні переваги ідеї, стан та динаміку ринкового середовища, в межах якого впроваджено проект, та відповідну обрану альтернативу ринкової поведінки.

5.6 Висновки до п'ятого розділу

У п'ятому розділі був проведений аналіз стартап-проекту для системи «Узагальненої бази даних програмних засобів» яка дозволяє робити пошук усіх доступних програмних засобів за вказаними функціональними характеристиками. Можна зазначити, що у проекті є можливість комерціалізації, оскільки ринок програмних засобів не стоїть на місці.

Основна потреба, що формує ринок – це постійна розробка нових програмних засобів. Ринок є досить конкурентоспроможний, але серед конкурентів мало баз даних, що узагальнюють програмні засоби різних груп та галузей. Вимоги споживачів до бази даних – це проста система пошуку, стабільність роботи, невисока ціна (корпоративна закупівля ліцензій на цілий відділ), підтримка мобільних платформ.

Основні загрози для продукту це поява нових програмних продуктів, обмежене коло цільової аудиторії, програмні обмеження. Для мінімізації можливих загроз потрібно регулярно слідкувати за ринком, виходом нових програмних засобів та оновленнями функціональних можливостей уже внесених.

В межах цього розділу була розроблена стала ринкова (маркетингова) програма, що включає в себе концепції товару, збуту, просування та попередній аналіз можливостей ціноутворення, спирається на цінності та потреби потенційних клієнтів, конкурентні переваги ідеї, стан та динаміку ринкового середовища, в межах якого впроваджено проект, та відповідну обрану альтернативу ринкової поведінки.

Основні можливості для проекту це новизну, відсутність повноцінних аналогів, універсальність, розширення цільової аудиторії. Впровадити ці можливості можна тільки завдяки постійній підтримці та розширенні бази даних, шляхом додавання нових таблиць із програмними засобами що використовуються в інших галузях.

ВИСНОВОК

1. Розглянуто дві умовні групи засоби автоматизації, що використовуються у вимірювальній техніці – це системи комп'ютерної математики та програми для моделювання роботи електричних схем. Обрано найбільш поширені та популярні програмні засоби із великою кількістю навчальної літератури, для більш детального аналізу.
2. У другому розділі були більш детально розглянуті обрані системи комп'ютерної математики та програми для модуляції роботи електричних схем. Описано основні характеристики та функціональні можливості програмних засобів Maple, Wolfram Mathematica, MathCad, MatLAB, Multisim та Micro-Cap. Обрано по одному програмному засобі, для побудови основних характеристики схеми.
3. У третьому розділі реалізований принцип роботи у різних програмних засобах. Було побудовано графіки перехідної та імпульсної характеристики, амплітудно-частотну та фазочастотну характеристики послідовного RLC-кола у системи комп'ютерної математики Maple 7 та Micro-Cap 9. Показано.

4. У даному розділі були описані можливості реляційної система управління базами даних Microsoft Access. Перераховані таблиці та їх поля, що увійшли до «Узагальненої база даних програмних засобів що використовуються у вимірювальній техніці».
5. Проведено аналіз продукту – «Узагальненої база даних програмних засобів що використовуються у вимірювальній техніці» в якості стартап-проекту, що дозволило виявити можливість комерціалізації, у зв'язку із тим, що ринок постійно розвивається.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Історія виникнення компютера. Історія виникнення ЕОМ. Електроний ресурс: Режим доступу: – <https://sites.google.com/site/komputertvijpomichnik/komputer--tvij-pomichnik/istoria-viniknenna-komputera>.
2. Вікіпедія. Автоматизація. Електроний ресурс: Режим доступу: – <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%8F>.
3. Вікіпедія. Комп'ютерна програма. Електроний ресурс: Режим доступу – https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D0%BF%27%D1%8E%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B0_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%B0.
4. Погрібний О.В. Програмні засоби навчання математики / О.Погрібний //Комп'ютер у школі та сім'ї. – 2011. - № 4 (56). – С.42-46.
5. Методы решения математических задач в Maple. Вікіпедія. Комп'ютерна програма. Електроний ресурс: Режим доступу – https://knowledge.allbest.ru/programming/2c0b65625a3bc69a4c53b88521216c26_0.html.
6. Гриб'юк О.О. Використання систем комп'ютерної математики у контексті моделі змішаного навчання. Електроний ресурс: Режим доступу – <http://lib.iitta.gov.ua/10262/1/grybyuk-yunchyk-lutsk%2B.pdf>.
7. Вікіпедія. Система комп'ютерної алгебри. Електроний ресурс: Режим доступу: – https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0_%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%27%D1%8E%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%BE%D1%97_%D0%B0%D0%BB%D0%B3%D0%B5%D0%B1%D1%80%D0%B8.

8. Вікіпедія. Mathcad. Електроний ресурс: Режим доступу: – <https://uk.wikipedia.org/wiki/Mathcad>.

9. Вікіпедія. MATLAB. Електроний ресурс: Режим доступу: – <https://uk.wikipedia.org/wiki/MATLAB>.

10. Вікіпедія. Maple. Електроний ресурс: Режим доступу: – <https://uk.wikipedia.org/wiki/Maple>.

11. Альмеевой Г.М. Использование программы Mathematica в учебном процессе / Г.Альмеевой. Електроний ресурс: Режим доступу – https://knowledge.allbest.ru/programming/3c0a65635a2ac68b4c43b88421316d26_0.html.

12. Слободяна Д.Я. Використання комп'ютерних технологій під час вивчення математичного аналізу / Д.Слободян. Електроний ресурс: Режим доступу – <http://mobile.elar.fizmat.tnpu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/575/%D0%94%D0%B8%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%BC%D0%BD%D0%B0%202013%20%D0%9E%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%87%D0%BD%D0%B0%20%D1%81%D0%BB%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D0%B4%D1%8F%D0%BD.pdf?sequence=1>.

13. Вікіпедія. Maxima. Електроний ресурс: Режим доступу: – <https://ru.wikipedia.org/wiki/Maxima>.

14. MuPAD Pro - система компьютерной алгебры . Електроний ресурс: Режим доступу: – <http://pro-spo.ru/winmat/245-mupad-pro-30-for-windows>.

15. Применение программы Advanced Grapher в курсе высшей математики в вузах, в качестве виртуальной моделирующей среды. Електроний ресурс: Режим доступу: – http://stud.wiki/programming/2c0b65625b3bd79a4d43a88521306c27_0.html.

16. Вікіпедія. GNU Octave. Електроний ресурс: Режим доступу: – https://uk.wikipedia.org/wiki/GNU_Octave.

17. Википедия. Axiom. Електроний ресурс: Режим доступу: – <https://ru.wikipedia.org/wiki/Axiom>.

18. Медведенко Б. І . Основи електроніки: Навчальний посібник з баз програм схематичного моделювання «MULTISIM» / Б. І. Медведенко : [Електроний ресурс]. – Режим доступу : – <https://issuu.com/borismedvedenko/docs>.

19. Википедия. Proteus Design. Електроний ресурс: Режим доступу: – https://uk.wikipedia.org/wiki/Proteus_Design.

20. Моделювання й аналіз схем в Electronics Workbench. Електроний ресурс: Режим доступу: – <https://vseosvita.ua/library/modeluvanna-j-analiz-shem-v-electronics-workbench-8301.html>.

21. Micro-Cap — Вікіпедія. Електроний ресурс: Режим доступу: – <https://uk.wikipedia.org/wiki/Micro-Cap>.

22. Дослідження схем за допомогою пакету Micro-Cap. Електроний ресурс: Режим доступу: – https://studopedia.com.ua/1_124937_doslidzhennya-shem-za-dopomogoyu-paketu-Micro-Cap.html.

23. OrCAD — Вікіпедія. Електроний ресурс: Режим доступу: – <https://uk.wikipedia.org/wiki/OrCAD>.

24. LabVIEW — Вікіпедія. Електроний ресурс: Режим доступу: – <https://uk.wikipedia.org/wiki/LabVIEW>.

25. https://knowledge.allbest.ru/programming/2c0a65635b2bc69b5c53a89521216d37_0.html

26. National Instruments. LabVIEW. Електроний ресурс: Режим доступу: – <http://www.ni.com/de-de/shop/labview/labview-details.html>.

27. Аналіз програмних засобів емуляції логічних схем. Електроний ресурс: Режим доступу: – https://knowledge.allbest.ru/programming/2c0a65635b2bc69b5c53a89521216d37_0.html.

28. Стандартний математичний паке [Електроний ресурс]. – Режим доступу: – <http://amc.ptngu.com/rozdil2.html>.

29. Ефективна економіка [Електроний ресурс]. – Режим доступу: – <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=5676>.

30. MathWorks [Електроний ресурс]. – Режим доступу: – <https://www.mathworks.com/products/matlab.html>.

31. Microsoft Access [Електроний ресурс]. – Режим доступу: – <http://microsoft-office.biz/access.html>.

32. Юрчишин І.В. Порівняння програмних засобів «MathCAD vs MatLAB» / І.Юрчишин //Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення. – 2019. - № 38 (118). – С.105-107.

33. Юрчишин І.В. LabView. Переваги та недоліки. / І.Юрчишин //Актуальні проблеми економіки. – 2011. - № 6 (118). – С.103-105.